



Keanekaragaman dan potensi parasitoid sebagai pengendali alami ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) pada pertanaman jagung lahan kering

Diversity and potential of parasitoids as natural control of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in dryland maize crops

Abdul Halim Mursyidin¹, I Wayan Suana^{1*}, Rosichon Ubaidillah², Hari Sutrisno²

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
Jalan Majapahit No. 62, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

²Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jalan Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong Bogor 16911, Jawa Barat, Indonesia

(diterima Juni 2024, direvisi September 2024, disetujui Oktober 2024)

ABSTRAK

Jagung merupakan salah satu pangan pokok penting di Indonesia yang terancam oleh hama utama *Spodoptera frugiperda* (Smith), termasuk di Pulau Sumbawa yang merupakan salah satu sentra produksi jagung lahan kering di Indonesia. Saat ini, pengendalian *S. frugiperda* masih mengandalkan insektisida sintetik karena potensi musuh alami belum banyak diketahui, terutama pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi parasitoid *S. frugiperda* meliputi keanekaragaman, pemerataan, dominansi, kekayaan, dan tingkat parasitisasinya. Sampel dikumpulkan secara *purposive random sampling* pada Februari–Mei 2024 di pertanaman jagung lahan kering pada umur 4–6 minggu setelah tanam, baik di pertanaman yang menggunakan pestisida maupun di pertanaman yang tidak menggunakan pestisida. Sebanyak 30 tanaman yang terlihat memiliki gejala kerusakan karena serangan *S. frugiperda* pada tiga plot masing-masing berukuran 10 m × 10 m diperiksa dengan cermat untuk mengumpulkan 30 kelompok telur dan 30 individu larva. Hasil penelitian menemukan parasitoid telur *Telenomus remus* Nixon dan *Trichogramma nr. pretiosum* Riley, parasitoid larva *Exorista* sp., parasitoid larva-pupa *Brachymeria lasus* Walker dan *Archytas marmoratus* Townsend. Kesimpulan bahwa parasitisasi telur didominasi oleh *T. remus* (23,54– 61,22%) sehingga berpotensi sebagai agens hayati untuk *S. frugiperda*. Parasitisasi larva didominasi oleh *Exorista* sp. (50%), tetapi tingginya tingkat parasitisasi dibayangi oleh hiperparasitoid yang dapat menurunkan efektivitasnya sebagai agens hayati *S. frugiperda*.

Kata kunci: agens hayati, kekayaan, pemerataan, tingkat parasitisasi, *S. frugiperda*

ABSTRACT

Maize is an important staple food in Indonesia that is threatened by the main pest *Spodoptera frugiperda* (Smith), including on Sumbawa Island which is one of the centres of dryland maize production in Indonesia. Currently, *S. frugiperda* control still relies on synthetic insecticides because the potential of natural enemies is not widely known, especially in dryland maize crops on Sumbawa Island. This study aims to assess the potential of *S. frugiperda* parasitoids including diversity, evenness, dominance, richness, and parasitization rate. Samples were collected by purposive

*Penulis korespondensi: I Wayan Suana. Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram
Jalan Majapahit No. 62, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, Indonesia, E-mail: wynsuana@unram.ac.id

random sampling in February–May 2024 in dryland maize crops at the age of 4–6 weeks after planting on both farm that applied insecticide and farm without insecticide. A total of 30 plants with common symptoms of damage due to *S. frugiperda* attack in three plots each measuring 10 m × 10 m were carefully examined to collect 30 egg clusters and 30 larval individuals. The results found egg parasitoids *Telenomus remus* Nixon and *Trichogramma nr. pretiosum* Riley, larval parasitoids *Exorista* sp., larval-pupal parasitoids *Brachymeria lasus* Walker and *Archytas marmoratus* Townsend. We concluded that the egg parasitization was dominated by *T. remus* (23.54–61.22%), which has potential as a biological agent for *S. frugiperda*. Larval parasitization was dominated by *Exorista* sp. (50%), but the high parasitization rate was overshadowed by hyperparasitoid which may reduce its effectiveness as a biological agent for *S. frugiperda*.

Key words: biological agents, evenness, level of parasitization, richness, *S. frugiperda*

PENDAHULUAN

Jagung, *Zea mays* (L.) merupakan salah satu makanan pokok yang bernilai strategis dan ekonomis tinggi untuk mendukung optimalisasi swasembada pangan di Indonesia yang hingga kini permintaannya terus meningkat secara signifikan setiap tahun (Waldi 2019). Total produksi jagung pada tahun 2023 di Indonesia mencapai 14,77 juta ton dengan total luas panen 2,48 juta ha (Badan Pusat Statistik 2024). Pulau Sumbawa di Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu sentra produksi jagung di Indonesia untuk pertanian lahan kering (Al-Qarazi et al. 2021). Jagung merupakan komoditas unggulan di Kabupaten Sumbawa Barat selain padi, kedelai, dan kacang tanah yang banyak dikembangkan di Kecamatan Maluk, Taliwang, dan Poto Tano untuk memenuhi kebutuhan daerah, bahkan kebutuhan nasional. Upaya peningkatan produksi jagung di Pulau Sumbawa didukung oleh kegiatan intensifikasi dan ekstensifikasi yang beriringan dengan pengembangan ternak sapi, kerbau, dan kambing terbesar di NTB sehingga hasil panen jagung bukan hanya dimanfaatkan dalam bentuk pipilan kering, melainkan digunakan juga sebagai pakan ternak (Fachri & Mariatil 2017).

Produksi jagung sering mengalami penurunan hasil panen yang dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yang menjadi hama utama saat ini adalah kemunculan organisme pengganggu tanaman atau OPT baru, yaitu ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Ulat grayak *S. frugiperda* atau yang dikenal dengan nama *fall armyworm* dapat menyerang berbagai tanaman dengan kisaran inang sebanyak 353 spesies dari 76 famili, terutama Poaceae, Asteraceae, dan Fabaceae (Montezano

et al. 2018). Serangannya telah menyebabkan hilangnya produksi jagung di berbagai negara berkisar 8,3–20,6 juta ton per tahun, serta menimbulkan kerugian secara ekonomi berkisar US\$ 2,5–6,2 miliar per tahun (FAO & CABI 2019). Ulat grayak *S. frugiperda* memiliki kemampuan menyebar luas ke berbagai negara, tidak adanya fase *diapause*, sifat makan yang rakus, dan daya reproduksi yang tinggi menyebabkan *S. frugiperda* dapat menyerang berbagai tanaman tahunan di daerah tropis termasuk tanaman jagung dan menimbulkan kerusakan yang berakibat hilangnya hasil panen serta kerugian produksi (Wan et al. 2021). Kerusakan dan kerugian produksi jagung akibat serangan hama ini di berbagai belahan dunia sangat mengkhawatirkan, seperti yang terjadi di Ghana rata-rata 45% (kisaran 22–67%), Zambia 40% (kisaran 25–50%) (Day et al. 2017), dan Nepal 100% (FAO & CABI 2019). Sementara itu, di Indonesia telah dilaporkan di Bogor dengan kerusakan sekitar 88–100% (Waliyudin et al. 2023), Bali rata-rata 47,84% (kisaran 6,78–66,41%) (Supartha et al. 2021), dan Flores Timur sekitar 85–100% (Mukkun et al. 2021).

Upaya pengendalian *S. frugiperda* telah dilakukan dengan berbagai cara, termasuk penggunaan insektisida sintetik hingga pencarian musuh alami dari hama *S. frugiperda* yang akan diimplementasikan dalam teknologi pengendalian hama terpadu (PHT). Sebagian ahli serangga mengedepankan PHT untuk mengurangi penggunaan insektisida sintetik yang dampaknya dapat merugikan secara sosial, ekonomi, dan lingkungan (Agboyi et al. 2020; Supartha et al. 2021; Wahyuningsih et al. 2022; Herlinda et al. 2023). Teknologi PHT mengoptimalkan musuh alami sebagai agens pengendali hayati (*biological control*), salah satunya adalah parasitoid yang

diyakini dapat mengatasi masalah hama *S. frugiperda* di lahan jagung (Supartha et al. 2021; Herlinda et al. 2023).

Penelitian terhadap parasitoid yang menyerang *S. frugiperda* pada pertanaman jagung lahan kering pernah dilakukan di Pulau Lombok, NTB dengan ditemukan dua spesies parasitoid telur, yaitu *Telenomus* sp. dan *Trichogramma* sp., serta tiga spesies parasitoid larva, yaitu *Apanteles* sp., *Eriborus* sp., dan *Exorista* sp. (Supeno et al. 2021). Namun, saat ini penelitian parasitoid *S. frugiperda* pada lahan kering di Indonesia belum banyak dilakukan, khususnya di Pulau Sumbawa sebagai salah satu daerah pertanaman jagung lahan kering. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji potensi parasitoid yang meliputi keanekaragaman, pemerataan, dominansi, kekayaan, dan tingkat parasititasnya. Hasilnya diharapkan dapat direkomendasikan sebagai agens pengendali hayati hama *S. frugiperda* khususnya pada pertanaman jagung lahan kering yang sampai saat ini belum banyak dilaporkan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Februari–Mei 2024 di dua kabupaten, yaitu Kabupaten Sumbawa, di Kecamatan Alas Barat (8° 31' 38"S 16° 56' 20"E) dengan lahan menggunakan aplikasi pestisida dan Kabupaten Sumbawa Barat, di Kecamatan Poto Tano (8° 34' 28"S 116° 50' 49"E) dengan lahan tanpa menggunakan aplikasi pestisida (Gambar 1A). Waktu pengambilan sampel, yaitu pada umur tanaman 4–6 minggu setelah tanam (MST) atau fase vegetatif, dengan luas lahan ±1 ha. Pemeliharaan sampel hasil koleksi berupa telur dan larva *S. frugiperda* serta identifikasi parasitoid dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Biosistemika Hewan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

Pengambilan sampel telur dan larva *S. frugiperda*

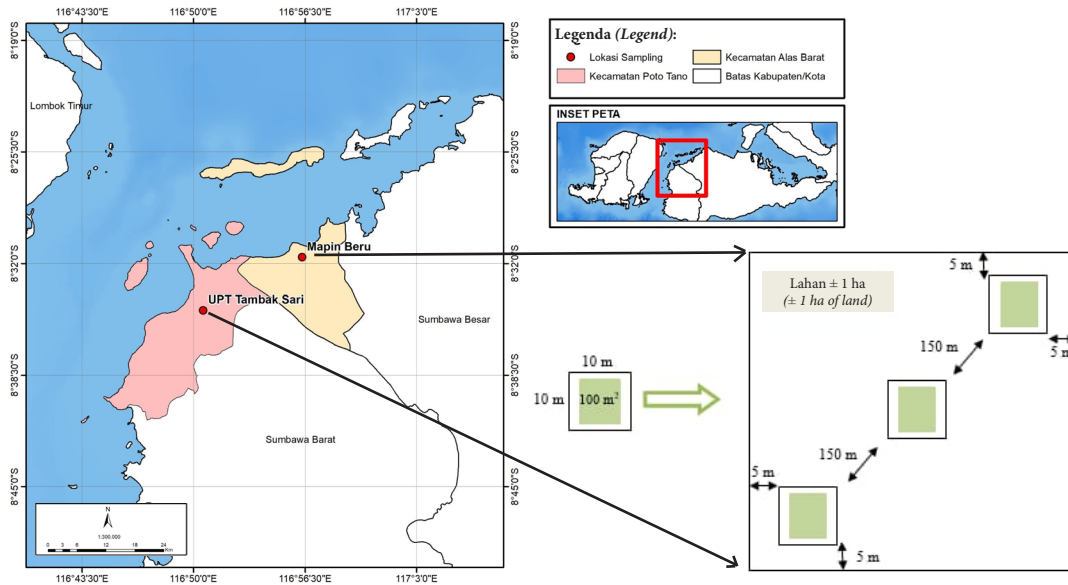
Pemilihan tanaman sampel ditentukan dengan melihat adanya gejala serangan atau kerusakan

oleh larva *S. frugiperda* pada bagian lingkaran daun dan terdapatnya sisa makanan berupa serbuk-serbuk gergaji atau *frass* (Agboyi et al. 2020). Pengambilan sampel telur dan larva *S. frugiperda* dilakukan secara *purposive random sampling* (Mukkun et al. 2021) dengan memodifikasi metode Herlinda et al. (2023), yaitu dengan membentuk tiga plot persegi berukuran 100 m² (10 m × 10 m) yang digunakan untuk menetapkan tiga kelompok pengulangan sampel di setiap area yang masing-masing diulangi pada tiga plot. Jarak plot satu dengan lainnya sebesar 150 m secara diagonal dan diambil sebanyak 10 tanaman secara acak pada setiap plot untuk mengumpulkan kelompok telur dan larva sehingga jumlah tanaman sampel yang diamati per lahan, yaitu 30 tanaman. Jumlah sampel yang dikoleksi dari tanaman sampel pada setiap lahan pengamatan sebanyak 30 kelompok telur dan 30 individu larva. Menurut Tapa-Yotto et al. (2021) ukuran plot 10 m × 10 m digunakan untuk luas lahan sekitar 1 ha dan jarak plot terluar dengan batas lahan, yaitu 5 m untuk menghindari efek tepi (Gambar 1B).

Sampel telur *S. frugiperda* diambil dari bagian atas atau bawah permukaan daun dengan cara memotong bagian daun tempat ditemukan kelompok telur, lalu dimasukkan ke dalam gelas plastik berdiameter 6,5 cm dan tinggi 20 cm. Sampel larva *S. frugiperda* diambil dari bagian tertentu, seperti daun muda, lingkaran daun, jumbai atau tongkol sesuai dengan tahap pertumbuhannya menggunakan pinset (Acharya et al. 2020), lalu dimasukkan ke dalam gelas plastik dengan diameter 6,5 cm dan tinggi 4,6 cm. Stadia larva yang dikumpulkan, yaitu instar ke-3 sampai ke-6. Bagian atas gelas plastik ditutup dengan kain kasa untuk memberikan ventilasi dan mencegah keluarnya larva atau parasitoid yang muncul dari larva. Kertas tisu kering diletakkan pada bagian dasar gelas untuk mengurangi kelembapan yang dihasilkan oleh sisa makanan (daun jagung) dan kotoran larva (Chipabika et al. 2023). Sampel telur dan larva yang telah dikoleksi di lapangan dibawa ke laboratorium untuk pemeliharaan.

Pemeliharaan telur dan larva *S. frugiperda*

Pemeliharaan telur dan larva *S. frugiperda* dilakukan di laboratorium dengan kondisi suhu ruangan 28 °C, kelembapan relatif 75–80%, dan



Gambar 1. (A) Peta lokasi penelitian pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa; (B) Skema plot diagonal pengambilan sampel telur dan larva *Spodoptera frugiperda* pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa.

Figure 1. (A) Map of research locations in dryland maize crops on Sumbawa Island; (B) Schematic of diagonal plot sampling *Spodoptera frugiperda* eggs and larvae in dryland maize crops on Sumbawa Island.

fotoperiode 24 jam (L:D) (Wahyuningsih et al. 2022). Kelompok telur yang diselimuti sisik berwarna putih diamati setiap hari untuk melihat telur menetas menjadi larva atau parasitoid. Parasitoid yang muncul dari telur dikelompokkan sebagai parasitoid telur. Untuk menentukan tingkat parasitisasi telur maka dihitung jumlah telur yang menetas menjadi larva dan jumlah telur yang muncul parasitoid. Penentuan tingkat parasitisasi parasitoid telur dihitung menurut Van Driesche (1983).

Larva terus diamati perkembangannya setiap hari sampai berkembang menjadi pupa atau kemunculan parasitoid. Larva dipelihara secara terpisah dengan individu lainnya pada setiap gelas plastik untuk menghindari sifat kanibalisme. Larva diberi pakan daun jagung muda yang segar disesuaikan dengan kebutuhan makan selama 1 hari. Sisa makan larva dibersihkan dari gelas plastik untuk menjaga kesegaran pakan hingga larva berkembang menjadi pupa. Pupa yang muncul dipindahkan ke gelas plastik baru dengan menambahkan tanah yang agak lembap untuk membantu proses perkembangannya.

Hasil pengamatan dicatat untuk menentukan tingkat parasitisasi parasitoid larva. Parasitoid yang muncul dari larva dikelompokkan menjadi parasitoid larva, sedangkan larva yang berkembang

menjadi pupa tetap dipelihara hingga muncul parasitoid dewasa atau berkembang menjadi *S. frugiperda* dewasa. Parasitoid yang muncul dari pupa dikelompokkan menjadi parasitoid larva-pupa. Individu parasitoid yang diperoleh dari proses pemeliharaan telur dan larva dimasukkan ke dalam tabung berukuran 5 ml yang mengandung alkohol 70%, lalu diberi label dan disimpan untuk dilakukan identifikasi.

Identifikasi parasitoid

Parasitoid yang ditemukan dari hasil pemeliharaan diamati berdasarkan karakter morfologi menggunakan mikroskop stereo NSZ-606 dan didokumentasikan menggunakan kamera HP android. Identifikasi parasitoid dilakukan dengan mengacu pada kunci identifikasi serangga Goulet & Huber (1993) dan berbagai kunci identifikasi terkait parasitoid *S. frugiperda*, serta dikonfirmasi ke Museum Zoologi Bogoriense, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) di KST Soekarno, Cibinong, Bogor, Indonesia.

Analisis data

Keanekaragaman spesies. Indeks keanekaragaman spesies diukur dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Magurran 1998) sebagai berikut:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i ; p_i = \frac{n_i}{N}, \text{ dengan}$$

H' : indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; p_i : jumlah individu suatu spesies; n_i : jumlah individu untuk spesies yang diamati; N : total individu, dengan ketentuan sebagai berikut: $H' \geq 3$ (tinggi), $H' = 1 < H' \leq 3$ (sedang), dan $H' \leq 1$ (rendah) (Ardyanty et al. 2023).

Kemerataan spesies. Indeks kemerataan spesies dihitung dengan menggunakan indeks kemerataan menurut (Odum 1998) sebagai berikut:

$$E = \frac{H'}{\ln s}, \text{ dengan}$$

E : indeks kemerataan; H' : nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; S : jumlah total individu, dengan ketentuan sebagai berikut: $E > 1$ (tinggi), $0,31 < E < 1$ (sedang), dan $E < 0,31$ (rendah) (Wahyuningsih et al. 2019).

Dominansi spesies. Indeks dominansi spesies dihitung dengan menggunakan indeks dominansi Simpson (Odum 1998) sebagai berikut:

$$D = \sum \left[\frac{n_i}{N} \right]^2, \text{ dengan}$$

D : indeks dominansi spesies; n_i : jumlah individu untuk spesies yang diamati; N : total individu, dengan ketentuan sebagai berikut: $D = 0,75-1$ (tinggi), $D = 0,5-0,75$ (sedang), dan $D = 0-0,5$ (rendah) (Januarisya et al. 2023).

Kekayaan spesies. Indeks kekayaan spesies dihitung dengan menggunakan persamaan Margalef's (Santosa 1995) sebagai berikut:

$$R = \frac{(s - 1)}{\ln N}, \text{ dengan}$$

R : indeks kekayaan spesies; S : jumlah spesies yang diamati; N : total individu, dengan ketentuan sebagai berikut: $R > 4$ (tinggi), $2,5 < R < 4$ (sedang), dan $R < 2,5$ (rendah) (Wahyuningsih et al. 2019).

Tingkat parasitisasi. Tingkat parasitisasi atau *parasitism rate* (PR) telur dan larva *S. frugiperda* dihitung menggunakan rumus yang mengacu pada Van Driesche (1983) sebagai berikut:

$$PR = \frac{NP_i}{N_i} \times 100\%, \text{ dengan}$$

NP_i : jumlah telur atau larva spesies i yang terparasit; N_i : jumlah seluruh telur atau larva yang terkumpul pada plot.

HASIL

Keanekaragaman parasitoid telur dan larva *S. frugiperda*

Pada penelitian ini ditemukan lima spesies parasitoid yang memarasit *S. frugiperda* pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa, yang mencakup parasitoid telur, larva, dan larva-pupa (Tabel 1). Parasitoid telur yang ditemukan, yaitu *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) dan *Trichogramma nr. pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae); parasitoid larva, yaitu *Exorista* sp. (Diptera: Tachinidae); dan parasitoid larva-pupa, yaitu *Brachymeria lasus* Walker (Hymenoptera: Chalcididae) dan *Archytas marmoratus* Townsend (Diptera: Tachinidae). Peranan *B. lasus* belum diketahui secara pasti yang kemungkinan sebagai hiperparasitoid dari Tachinidae. Dari penelitian ini juga ditemukan *Megaselia scalaris* Loew (Diptera: Phoridae) (Gambar 2F) dan lalat Phoridae (Diptera) (*unidentified species*) (Gambar 2G) yang peranannya juga belum diketahui secara pasti.

Pada lahan pertanaman jagung dengan aplikasi pestisida di Alas Barat ditemukan lebih sedikit spesies parasitoid daripada di lahan pertanaman jagung tanpa aplikasi pestisida di Poto Tano. Parasitoid yang ditemukan di Alas Barat hanya *T. remus* dengan jumlah individu sebanyak 2.772 yang diperoleh dari 30 tanaman sampel, sedangkan di Poto Tano ditemukan lima spesies parasitoid dengan jumlah individu sebanyak 7.353 yang diperoleh dari 30 tanaman sampel dengan rincian *T. remus* sebanyak 7.211 individu, *T. nr. pretiosum* sebanyak 30 individu, *B. lasus* sebanyak 1 individu, *Exorista* sp. sebanyak 8 individu, *A. marmoratus* sebanyak 2 individu, *M. scalaris* sebanyak 75 individu, dan Phoridae (Diptera) sebanyak 26 individu (Tabel 1). Nilai indeks keanekaragaman, kemerataan, dan kekayaan spesies tergolong rendah, sedangkan dominansi tergolong tinggi (Tabel 1).

Tingkat parasitisasi telur dan larva *S. frugiperda*

Tingkat parasitisasi telur *S. frugiperda* oleh *T. remus* sebesar 23,54% di Alas Barat dan 61,22% di Poto Tano, sedangkan *T. nr. pretiosum* sebesar 0,00% di Alas Barat dan 0,25% di Poto Tano. Tingkat parasitisasi larva *S. frugiperda* di Alas Barat tidak dapat dihitung karena tidak ditemukan parasitoid yang muncul dari seluruh larva yang dikoleksi (semua larva berkembang menjadi imago *S. frugiperda*), sedangkan di Poto Tano ditemukan 17 larva yang terparasit dari total 30 larva yang dikoleksi (Tabel 2).

PEMBAHASAN

Nilai indeks keanekaragaman parasitoid yang ditemukan tergolong rendah. Keanekaragaman

spesies yang rendah menunjukkan persebaran jumlah spesies tidak merata dan terdapat spesies yang mendominasi. Januarisya et al. (2023) menyampaikan bahwa keanekaragaman spesies pada suatu komunitas ditentukan oleh besar kecilnya jumlah spesies yang ditemukan, yaitu jika jumlah yang ditemukan sedikit maka komunitas tersebut didominasi oleh satu atau lebih spesies dan persebaran individu pada masing-masing spesies tidak merata. Hal ini sesuai dengan hasil perhitungan nilai indeks kemerataan yang tergolong rendah dan indeks dominansi yang tergolong tinggi. Artinya persebaran individu spesies parasitoid tidak merata atau terdapat spesies dengan jumlah individu yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya, yaitu *T. remus* yang merupakan parasitoid telur dominan pada penelitian ini. Selain itu, indeks kekayaan

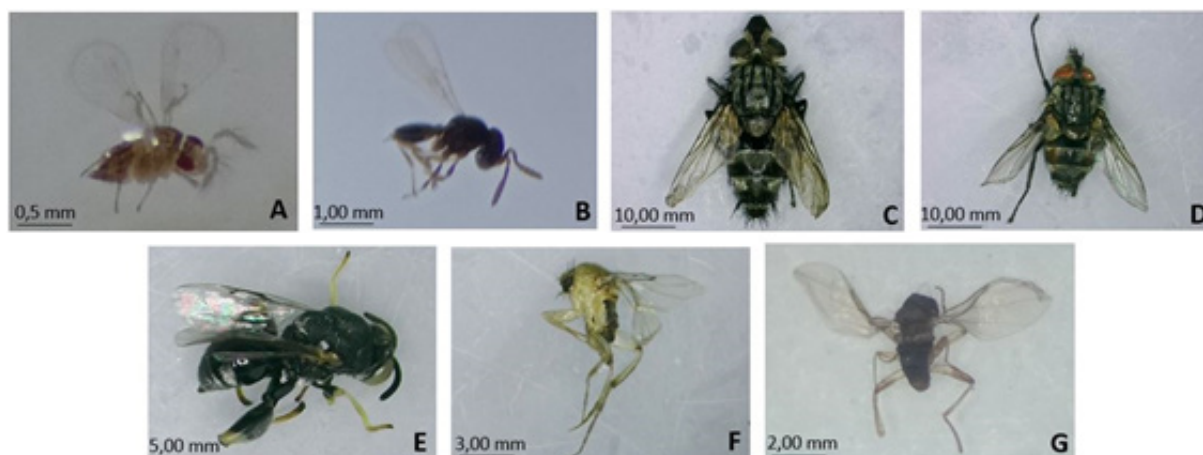
Tabel 1. Parasitoid telur dan larva *Spodoptera frugiperda* serta nilai indeks keanekaragaman, dominansi, kemerataan, dan kekayaan pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa

Table 1. Parasitoids of *Spodoptera frugiperda* eggs and larvae and values of diversity, dominance, evenness, and richness indices in dryland maize crops on Sumbawa Island

Ordo (Order)	Famili (Family)	Spesies (Species)	Tahap inang (Host stage)	Jumlah individu (Number of individuals)	
				Alas Barat	Poto Tano
Hymenoptera	Scelionidae	<i>Telenomus remus</i>	Telur (Egg)	2.772	7.211
	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma nr. pretiosum</i>	Telur (Egg)	0	30
	Chalcididae	<i>Brachymeria lasus</i>	Larva-pupa (Larvae-pupae)*	0	1
Diptera	Tachinidae	<i>Exorista</i> sp.	Larva (Larvae)	0	8
		<i>Archytas marmoratus</i>	Larva-pupa (Larvae-pupae)	0	2
	Phoridae	<i>Megaselia scalaris</i>	Larva (Larvae)*	0	75
		Phoridae**	Larva (Larvae)*	0	26
Kekayaan spesies (Species richness)				1	7
Kelimpahan (Abundance)				2.772	7.353
Indeks keanekaragaman (Diversity index) (H')				0,00 rendah (low)	0,12 rendah (low)
Indeks kemerataan (Evenness index) (E)				0,00 rendah (low)	0,06 rendah (low)
Indeks dominansi (Dominance index) (D)				1,00 tinggi (high)	0,96 tinggi (high)
Indeks kekayaan spesies (Richness index) (R)				0,75 rendah (low)	0,67 rendah (low)

*peranannya belum diketahui secara pasti (its role is not yet known with certainty);

**spesies tidak teridentifikasi (unidentified species).



Gambar 2. Parasitoid telur dan larva *Spodoptera frugiperda* pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa. A: *Trichogramma nr. pretiosum*; B: *Telenomus remus*; C: *Exorista* sp.; D: *Archytas marmoratus*; E: *Brachymeria lasus*; F: *Megaselia scalaris*; G Phoridae (spesies tidak teridentifikasi).

Figure 2. Parasitoids of *Spodoptera frugiperda* eggs and larvae on dryland maize crops on Sumbawa Island. A: *Trichogramma nr. pretiosum*; B: *Telenomus remus*; C: *Exorista* sp.; D: *Archytas marmoratus*; E: *Brachymeria lasus*; F: *Megaselia scalaris*; G: Phoridae (unidentified species).

Tabel 2. Tingkat parasitisasi telur dan larva *Spodoptera frugiperda* pada pertanaman jagung lahan kering di Pulau Sumbawa

Table 2. Parasitization rates of *Spodoptera frugiperda* eggs and larvae in dryland maize crops on Sumbawa Island

Tahap inang (Host stage)	Spesies (Species)	Nilai (%) (Score (%))	$\bar{x} \pm SB$ ($\bar{x} \pm SD$) (%)
Telur (Egg)	<i>Telenomus remus</i>	23,54–61,22	42,38 ± 26,64
	<i>Trichogramma nr. pretiosum</i>	0,00–0,25	0,12 ± 0,17
Larva (Larvae)	<i>Exorista</i> sp.	0,00–50,00	25,00 ± 35,35
	<i>Megaselia scalaris</i>	0,00–6,67	3,34 ± 4,72
Larva-pupa (Larvae-pupae)	<i>Brachymeria lasus</i>	0,00–3,34	1,67 ± 2,36
	<i>Archytas marmoratus</i>	0,00–3,34	1,67 ± 2,36

SB: simpangan baku (SD: standard deviation).

spesies juga tergolong rendah karena jumlah spesies yang ditemukan sedikit. Kemerataan dan kekayaan spesies yang rendah serta dominansi yang tinggi dari satu spesies menunjukkan keanekaragaman dan populasi musuh alami pada ekosistem pertanaman jagung tersebut rendah dan tidak sebanding dengan populasi hama. Kondisi ini menyebabkan terjadinya tekanan biologis berupa serangan hama dengan intensitas tinggi, seperti yang terlihat jelas pada pertanaman jagung di lokasi penelitian. Ekosistem yang tidak seimbang umumnya bersifat labil sehingga mudah terserang hama dan penyakit. Hal ini karena semua komponen pada ekosistem tersebut, baik biotik maupun abiotik tidak berfungsi sesuai

perannya. Dampaknya, hama dapat berkembang hingga mencapai tingkat kerusakan tanaman atau melewati ambang ekonomi (Oka 2005; Durocher-Granger et al. 2021).

Penelitian ini mengungkapkan hasil yang sama dengan temuan sebelumnya bahwa *T. remus* merupakan parasitoid *S. frugiperda* yang dominan karena kelimpahan dan kemampuan parasitisasi yang tinggi (Herlinda et al. 2023; Nurkomar et al. 2024). Namun, pada penelitian ini mengungkapkan dominansi *T. remus* ditemukan baik pada pertanaman jagung dengan aplikasi pestisida maupun tanpa pestisida. Umumnya, populasi musuh alami pada lahan dengan aplikasi pestisida lebih rendah daripada lahan tanpa pestisida.

Hal senada dengan Kurniawan & Soesilohadi (2020) bahwa pada lahan tanpa aplikasi pestisida ditemukan jumlah spesies parasitoid yang tinggi, sedangkan pada lahan dengan aplikasi pestisida tidak banyak ditemukan spesies parasitoid karena sensitivitas yang tinggi terhadap senyawa aktif pestisida menyebabkan terbunuhnya musuh alami. Sembel (2012) menyatakan bahwa terbunuhnya musuh alami pada suatu ekosistem akibat penggunaan pestisida yang terus-menerus, terutama pestisida yang bersifat umum atau dapat membunuh banyak organisme lain termasuk parasitoid akan memicu peningkatan populasi hama sekunder atau hama penting lainnya.

Budi daya pertanian dengan menerapkan pola tanam monokultur dapat memengaruhi keanekaragaman musuh alami pada suatu ekosistem. Januarisya et al. (2023) menyampaikan penanaman satu jenis tanaman dapat berpengaruh terhadap keragaman populasi musuh alami. Penanaman refugia sebagai bentuk manipulasi habitat alami parasitoid dapat memicu kehadiran parasitoid untuk menekan populasi hama (Habibi et al. 2022). Kemampuan mengenali warna, bentuk, dan aroma yang dihasilkan refugia menyebabkan parasitoid tertarik untuk mengunjungi bunga dari jenis refugia tertentu (Latty & Trueblood 2020). Populasi parasitoid yang tinggi dapat menurunkan tingkat kerusakan tanaman akibat serangan hama sehingga produktivitas tanaman semakin meningkat (Ardina et al. 2024). Hal ini tentunya didukung juga oleh kondisi iklim mikro yang sesuai, keberadaan inang alternatif, serta ketersediaan sumber pakan, seperti nektar, embun madu, dan serbuk sari yang melimpah. Dengan demikian, peran parasitoid dalam mengontrol populasi hama menjadi lebih efektif (Wahyuningsih et al. 2022; Chipabika et al. 2023).

Penerapan teknik pengendalian yang ramah lingkungan melalui PHT memberikan peluang yang besar bagi keberlanjutan lingkungan dalam menekan serangan hama dengan memanfaatkan peran parasitoid, seperti *T. remus* sebagai agens biokontrol *S. frugiperda* secara augmentatif (Herlinda et al. 2023; Waliyudin et al. 2023; Nurkomar et al. 2024). Pemanfaatan parasitoid untuk mengendalikan berbagai hama Lepidoptera di berbagai negara telah menjadi praktik yang komersial, seperti yang diterapkan di Afrika yang

dilepaskan secara besar-besaran (Kenis et al. 2019). Namun, upaya pengendalian menggunakan musuh alami harus dikombinasikan dengan bentuk pengendalian lainnya, seperti penggunaan varietas tanaman tahan hama dan penyakit, pengendalian kultural, *bio-pesticides* dari entomopatogen (fungi dan bakteri), dan manipulasi habitat (Prasanna et al. 2018; Mooventhan et al. 2019). Dengan demikian, produktivitas hasil produksi tanaman dapat meningkat dan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan insektisida yang dampaknya merusak kestabilan ekosistem, meningkatkan biaya produksi, dan mengganggu kesehatan manusia (Supartha et al. 2021).

Tingkat parasitisasi telur tertinggi ditunjukkan oleh *T. remus* sebesar 23,54–61,22%. Parasitisasi yang tinggi menunjukkan *T. remus* menjadi parasitoid *S. frugiperda* yang dominan di antara parasitoid lainnya seperti yang telah dilaporkan peneliti-peneliti sebelumnya (Tawakkal et al. 2021; Nurkomar et al. 2024). Bahkan, di Cameroon menunjukkan sangat tinggi, yaitu 52,6–100% (Abang et al. 2021) dan China 43,42–60,19% (Liao et al. 2019). Tingkat parasitisasi *T. remus* yang tinggi terhadap *S. frugiperda* menunjukkan parasitoid ini sangat potensial untuk mengendalikan hama yang sangat merugikan tersebut, baik di pertanaman jagung lahan kering maupun lahan basah. Parasitisasi *T. remus* yang tinggi disebabkan oleh kemampuan pencarian inang yang baik. Parasitoid *T. remus* mampu mengenali bentuk, tekstur, dan senyawa kimiawi yang dilepaskan inangnya sehingga keberadaan inang dapat diketahui (Tawakkal et al. 2021). Telur yang terparasit *T. remus* mudah dikenali dengan perubahan warna telur pucat hingga hitam serta memiliki durasi yang lebih lama untuk menetas di lapangan daripada telur yang tidak terparasit (Suci et al. 2021). Mempertimbangkan tingginya tingkat parasitisasi *T. remus* pada *S. frugiperda* yang baru dilaporkan dalam penelitian ini merupakan temuan penting untuk dikembangkan sebagai agens hayati pengendalian biologis, khususnya pada pertanaman jagung lahan kering.

Tingkat parasitisasi larva tertinggi ditunjukkan oleh *Exorista* sp. (Tachinidae) sebesar 50%. Namun, tingginya parasitisasi tersebut dibayangi oleh hiperparasitoid yang menyerangnya, yaitu *B. lasus* (Chalcididae). Abd el-Salam et al. (2020)

menyatakan bahwa *B. lasus* berperan sebagai hiperparasitoid bagi Tachinidae. Penelitian lain menegaskan bahwa *B. lasus* ini menyerang fase pupa dari *S. frugiperda* (Abd al-Salam et al. 2020). Nurkomar et al. (2024) menemukan dua spesies, yaitu *B. lasus* dan *B. femorata* yang muncul dari pupa *S. frugiperda*, sedangkan pada tanaman jagung lahan kering Sumbawa hanya ditemukan *B. lasus* pada pupa. Kehadiran *B. lasus* yang diketahui sebagai hiperparasitoid *Exorista* sp. dikhawatirkan mengurangi kemampuan parasitisasi larva-pupa *S. frugiperda* oleh parasitoid sehingga potensi *Exorista* sp. dalam mengendalikan *S. frugiperda* masih diragukan.

Penelitian ini juga ditemukan *T. nr. pretiosum* yang memarasit telur *S. frugiperda* dengan tingkat parasitisasi sangat rendah sebesar 0,25%. Temuan ini sejalan dengan Dong et al. (2021) bahwa kemampuan parasitisasi *T. nr. pretiosum* lebih rendah daripada *T. remus*. Adanya lapisan sisik tebal yang menyelimuti telur menjadi penghalang fisik bagi *T. nr. pretiosum* untuk menembus lapisan dalam telur sehingga kemampuan oviposisi berkurang (Hou et al. 2022). Beberapa penelitian menunjukkan kemampuan parasitisasi *Trichogramma* spp. lebih rendah dibandingkan dengan *T. remus* pada telur yang seluruh permukaannya diselimuti lapisan sisik dibandingkan dengan telur yang hanya sedikit atau tanpa lapisan (Dong et al. 2021; Hou et al. 2022). Pada kondisi alami, rendahnya tingkat parasitisasi *Trichogramma* spp. dipengaruhi oleh penyebaran massa telur *S. frugiperda* pada tanaman, tahapan fenologi, umur tanaman, serta ukuran tubuh yang lebih kecil daripada *T. remus* (Dong et al. 2021; Durocher-Granger et al. 2021).

Spesies lain yang berasosiasi dengan *S. frugiperda* pada penelitian ini, yaitu *A. marmoratus*, *M. scalaris*, dan Phoridae (Diptera). Parasitisasi *A. marmoratus* pada penelitian ini ditemukan sangat rendah, berbeda dengan yang dilaporkan pada lahan jagung di Amerika yang merupakan parasitoid *S. frugiperda* potensial (Gross 1985). Pada penelitian ini pertama kali *M. scalaris* berasosiasi dengan *S. frugiperda* di lahan kering Nusa Tenggara Barat yang sekaligus sebagai laporan kedua di Indonesia setelah temuan pertama dilaporkan di Yogyakarta (Nurkomar et al.

2024). Serangan *M. scalaris* terhadap *S. frugiperda* juga dilaporkan di India dan Cina (Deshmukh et al. 2021; Tang et al. 2021). Peranan *M. scalaris* dan Phoridae (Diptera) yang ditemukan pada penelitian ini menunjukkan adanya perilaku memakan larva *S. frugiperda* yang telah mati akibat terparasit oleh parasitoid lainnya yang sejalan dengan penelitian Atmowidi et al. (2001), tetapi penelitian di India dan China menyakini bahwa *M. scalaris* sebagai parasitoid larva (Deshmukh et al. 2021; Tang et al. 2021). Parasitisasi *M. scalaris* diketahui sangat rendah pada larva *S. frugiperda*, yaitu 2,2% pada instar ketiga dan 0,7% pada instar kelima, serta sebagai saprofit sekitar 84,3% dan pemakan larva mati nekrofit sekitar 12,7% sehingga tidak direkomendasikan sebagai agens pengendali hayati *S. frugiperda* (Acevedo-Alcalá et al. 2023).

Saat ini insektisida sintetik masih digunakan sebagai bahan utama dalam mengendalikan *S. frugiperda* karena cara lain, seperti pemanfaatan agens biokontrol potensial belum tersedia. Dalam penelitian ini, kami menyediakan daftar baru tujuh spesies parasitoid yang berasosiasi dengan *S. frugiperda* di pertanaman jagung lahan kering dan memberikan informasi biologis baru. Peran parasitoid sebagai agens biokontrol telah banyak dibuktikan dengan adanya kemampuan parasitisasi yang tinggi terhadap telur atau larva *S. frugiperda*. Keunggulan tersebut perlu dipertimbangkan untuk digunakan dalam program PHT. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat parasitisasi yang tinggi pada parasitoid telur dan larva untuk mengendalikan *S. frugiperda*. Namun, potensi parasitoid telur lebih diutamakan untuk digunakan karena telah terbukti mampu membunuh tahap kehidupan *S. frugiperda* yang paling kritis, yaitu fase telur. Hal ini karena dengan dihambatnya perkembangan fase telur maka telur tidak dapat berkembang menjadi larva *S. frugiperda* yang dapat merusak tanaman jagung. Jika larva mampu berkembang maka potensi parasitoid larva dapat dipertimbangkan untuk mengendalikan populasi hama. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk memberikan suatu pemahaman yang lebih baik tentang perilaku parasitisme, konservasi, dan percobaan pemeliharaan massal di laboratorium dari parasitoid potensial.

KESIMPULAN

Komposisi dan populasi parasitoid pada lahan jagung tanpa aplikasi pestisida lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang diaplikasikan pestisida. Beberapa dari spesies ini dapat menjadi agens pengendali potensial yang berguna untuk hama *S. frugiperda*. Parasitoid telur terdiri atas *T. remus* dan *T. nr. pretiosum*, parasitoid larva *Exorista* sp., dan parasitoid larva-pupa *B. lasus* dan *A. marmoratus*. Peran *M. scalaris* dan Phoridae (Diptera) yang ditemukan pada larva *S. frugiperda* perlu diteliti lebih lanjut untuk menyakinkan potensinya sebagai parasitoid. Indeks keanekaragaman, pemerataan, kekayaan spesies parasitoid tergolong rendah, sebaliknya indeks dominansi tinggi. Nilai indeks ini mengindikasikan ekosistem pertanaman jagung di Pulau Sumbawa rentan terjadi ledakan populasi hama. Parasitoid dengan tingkat parasitisasi tertinggi, yaitu *T. remus* sehingga sangat potensial untuk mengendalikan *S. frugiperda*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Deputi Bidang Sumber Daya Manusia Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah membantu membiayai penelitian ini melalui Program Bantuan Riset Bagi Talenta Riset dan Inovasi Tahun 2024 dengan Nomor SK: 32/II/HK/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abang AF, Nanga SN, Kuate AF, Kouebou C, Suh C, Masso C, Saethre MG, Fiaboe KKM. 2021. Natural enemies of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different agro-ecologies. *Insects*. 12:509. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12060509>.
- Abd al-Salam M, Shalabi FF, al-Sibai II, Hafiz AA. 2020. Survey and distribution density of Genus *Brachymeria* species (Hymenoptera: Chalcididae) in Egypt. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*. 3:415–432.
- Acevedo-Alcalá A, Lomeli-Flores JR, Rodríguez-Leyva E, Rodríguez-Rodríguez SE, Ortiz-Andrade E. 2023. Does *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) have potential as a biological control agent of fall armyworm? *Florida Entomologist*. 106:56–58. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.106.0109>.
- Acharya S, Kaphle S, Upadhyay J, Pokhrel A, Paudel S. 2020. Damaging nature of fall armyworm and its management practices in maize: A review. *Tropical Agrobiodiversity*. 1:82–85. DOI: <https://doi.org/10.26480/trab.02.2020.82.85>.
- Agboyi LK, Goergen G, Beseh P, Mensah SA, Clottey VA, Glikpo R, Buddie A, Cafà G, Offord L, Day R, Rwomushana I, Kenis M. 2020. Parasitoid complex of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. *Insects*. 11:68. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects110-20068>.
- Al-Qarazi MI, Sukardi S, Anwar A. 2021. Analisis peramalan produksi, konsumsi dan harga jagung di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Agrimansion*. 22:49–60. DOI: <https://doi.org/10.29303/agrimansion.v22i1.508>.
- Ardina, Bakti D, Tobing MCL, Ubaidillah R, Darmawan. 2024. Parasitism capacity of *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda*, in refugia system. *International Journal of Basic and Applied Science*. 12:183–193.
- Ardyanty P, Widiana A, Kinasih I. 2023. Keanekaragaman beserta karakteristik habitat Famili Panorpidae (Ordo: Mecoptera) di Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda Bandung. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 20:213–222. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.19.3.213>.
- Atmowidi T, Prawasti TS, Utomo S, Kurniawan Y. 2001. Keanekaragaman diptera (insecta) di Gunung Kendeng dan Gunung Botol, Taman Nasional Gunung Halimun, Jawa Barat. *Berita Biologi*. 5:773–779.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Luas panen dan produksi jagung di Indonesia 2023. Available at: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/03/01/2377/.html> [accessed 11 Juni 2024].
- Chipabika G, Sohathi PH, Khamis FM, Chikoti PC, Copeland R, Ombura L, Kachapulula PW, Tonga TK, Niassy S, Sevgan S. 2023. Abundance, diversity and richness of natural enemies of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in Zambia. *Frontiers in Insect Science*. 3:1091084. DOI: <https://doi.org/10.3389/finsc.2023.1091084>.
- Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clottey V, Cock M, Colmenarez Y, Corniani N, Early R,

- Godwin J, Gomez J, Moreno PG, Murphy ST, Oppong-Mensah B, Phiri N, Pratt C, Silvestri S, Witt A. 2017. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*. 28:196–201. DOI: https://doi.org/10.1564/v28_oct_02.
- Deshmukh SS, Kiran S, Naskar A, Pradeep P, Kalleshwaraswamy CM, Sharath KN. 2021. First record of a parasitoid, *Megaselia (M) scalaris* (Diptera: Phoridae) of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) from India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 31:94. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00439-w>.
- Dong H, Zhu KH, Zhao Q, Bai XP, Zhou JC, Zhang LS. 2021. Morphological defense of the egg mass of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) affects parasitic capacity and alters behaviors of egg parasitoid wasps. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 24:671–678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.05.015>.
- Durocher-Granger L, Mfunne T, Musesha M, Lowry A, Reynolds K, Buddie A, Cafà G, Offord L, Chipabika G, Dicke M, Kenis M. 2021. Factors influencing the occurrence of fall armyworm parasitoids in Zambia. *Journal of Pest Science*. 94:1133–1146. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01320-9>.
- Fachri S, Mariatil. 2017. *Road Map Pengembangan Produksi Satu Juta Ton Jagung Pertahun*. Sumbawa: Dinas Pertanian Kabupaten Sumbawa.
- FAO, CABI. 2019. *Community-Based Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda) Monitoring, Early Warning and Management Training of Trainers Manual. Training of Trainers Manual First Edition*. Rome: US AID from the American People. FAO.
- Goulet H, Huber JT. 1993. *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Canada: Agriculture Canada.
- Gross HR. 1985. Little-known fly-promoting biocontrol weapon. *Agricultural Research*. 33:12.
- Habibi I, Sumarji, Yudha GN. 2022. Pengaruh tanaman refugia terhadap serangga aerial dan hasil panen pada tiga varietas tanaman jagung (*Zea mays* L.). *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*. 6:100–109. DOI: <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1262>.
- Herlinda S, Suwandi S, Irsan C, Adrian R, Fawwazi F, Akbar F. 2023. Species diversity and abundance of parasitoids of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 24:6184–6190. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241140>.
- Hou YY, Yue-Ma XW, Desneux N, Nkunik POY, Bao HP, Zang LS. 2022. *Spodoptera frugiperda* egg mass scale thickness modulates Trichogramma parasitoid performance. *Entomologia Generalis*. 42:589–596. DOI: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2022/1443>.
- Januarisya MA, Rahardjo BT, Syamsulhadi M. 2023. Keanekaragaman hama dan musuh alami pada budidaya cabai rawit monokultur dan polikultur dengan memanfaatkan tanaman perangkap baby blue dan yellow sticky trap. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 11:201–216. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.j-urnalhpt.2023.011.4.4>.
- Kenis M, du Plessis H, Van den Berg J, Ba MN, Goergen G, Kwadjo KE, Baoua I, Tefera T, Buddie A, Cafà G, Offord L, Rwomushana I, Polaszek A. 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*. 10:92. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10040092>.
- Kurniawan B, Soesilohadi RH. 2020. Diversity and Abundance of Insect in Conventional Apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill) Plantation at Kota Batu, East Java. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. 8:194–201. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2020.008.03.08>.
- Latty T, Trueblood JS. 2020. How do insects choose flowers? a review of multi-attribute flower choice and decoy effects in flower-visiting insects. *Journal of Animal Ecology*. 89:2750–2762. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13347>.
- Liao YL, Yang B, Xu MF, Lin W, Wang D, Sen, Chen KW, Chen HY. 2019. First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in southern China. *Journal of Hymenoptera Research*. 93:95–102. DOI: <https://doi.org/10.3897/JHR.73.39136>.
- Magurran AE. 1998. *Measuring Biological Diversity*. Australia: Blackwell Publishing Ltd.
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*. 26:286–300. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.
- Mooventhan P, Baskaran RKM, Sridhar J, Kaushal P, Kumar J. 2019. *Technical Bulletin Integrated Management of Fall Armyworm in Maize*. Baronda, Raipur: ICAR National Institute of Biotic Stress Management.

- Mukkun L, Kleden YL, Simamora AV. 2021. Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *International Journal of Tropical Drylands*. 5:20–26. DOI: <https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t050104>.
- Nurkomar I, Putra ILI, Buchori D, Setiawan F. 2024. Association of a global invasive pest *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) with local parasitoids: prospects for a new approach in selecting biological control agents. *Insects*. 15:1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15030205>.
- Odum EP. 1998. *Dasar-dasar Ekologi Edisi Ketiga Cetakan Keempat*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Oka IN. 2005. *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Prasanna B, Huesing JE, Eddy R, Peschke VM. 2018. *Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management First Edition*. Mexico: USAID & CIMMYT.
- Santosa Y. 1995. *Pelatihan Teknik Pengukuran dan Monitoring Biodiversity di Hutan Tropika Indonesia*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sembel DT. 2012. *Dasar-dasar Perlindungan Tanaman*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Supartha IW, Susila IW, Sunari, AAAAS, Mahaputra IGF, Yudha IKW, Wiradana PA. 2021. Damage characteristics and distribution patterns of invasive pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize crop in Bali, Indonesia. *Biodiversitas*. 22:3378–3389. DOI: <https://doi.org/10.130-57/BIODIV/D220645>.
- Supeno B, Tarmizi, Meidiwarman, Haryanto H. 2021. Keragaman parasitoid yang berasosiasi dengan telur hama baru *Spodoptera frugiperda* di Pulau Lombok. In: *Prosiding SAINTEK LPPM Universitas Mataram (9–10 November 2020)*. pp. 418–423. Virtual conference: LPPM Universitas Mataram.
- Suci IW, Zelika SA, Luzia AS, Wallingga R, Abdurrosyid MA, Irsan C. 2021. Parasitisasi *Telenomus* sp. dalam menekan populasi telur *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman jagung. *Prosiding Seminar Nasional Suboptimal ke-9 Tahun 2021 (Palembang, 20 Oktober 2021)*. pp. 689–696. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya.
- Tang Y, Li Q, Xiang L, Gu R, Wu Y, Zhang Y, Bai X, Niu X, Li T, Wei J, Pan G, Zhou Z. 2021. First report on *Megaselia scalaris* Loew (Diptera: Phoridae) infestation of the invasive pest *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in China. *Insects*. 12:1–7. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12010065>.
- Tawakkal MI, Buchori D, Maryana N, Pudjianto. 2021. New association between *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and native natural enemies: Bioprospection of native natural enemies as biological control agents. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 771:012030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/771/1/012030>.
- Tepa-Yotto G, Winsou J, Dahoueto B, Tamò M. 2021. Assessing new scouting approaches for field sampling of *Spodoptera frugiperda* and its parasitoids. In: *Proceeding of the 1st International Electronic Conference on Entomology (1–15 July 2021)*. Basel: MDPI. DOI: <https://doi.org/10.3390/iece-10397>.
- Van Driesche RG. 1983. Meaning of “percent parasitism” in studies of insect parasitoids. *Environmental Entomology*. 12:1611–1622. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/12.6.1611>.
- Wahyuningsih E, Faridah E, Budidadi, Syahbudin A. 2019. Komposisi dan keanekaragaman tumbuhan pada habitat ketak (*Lygodium circinatum* (Burm. (sw.) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*. 7:92–105. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/jht.v7i1.7285>.
- Wahyuningsih RD, Harjaka T, Suputa S, Trisyono YA. 2022. Parasitization levels of *Spodoptera frugiperda* eggs (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in three different corn ecosystems in East Java. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 26:28–39. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.71598>.
- Waldi D. 2019. *Eksplorasi Musuh Alami dan Tingkat Serangan Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) pada Tanaman Jagung di Dataran Tinggi dan di Dataran Rendah*. Skripsi. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Walijudin M, Rochman N, Fanani ZM. 2023. Serangan *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) dan parasitoidnya di Kabupaten/Kota Bogor, Indonesia. *Jurnal Agronida*. 9:93–102.
- Wan J, Huang C, Li C.you, Zhou H.xu, Ren Y.lin, Li Z.yuan, Xing L.sheng, Zhang B, Qiao X, Liu B, Liu C.hui, Xi Y, Liu W.xue, Wang W.kai, Qian

W.qiang, Mckirdy S, Wan F.hao. 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*. 20:646–663. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6).