

DINAMIKA KOMUNITAS DAN INTERAKSI TROFIK SERANGGA PREDATOR PADA AGROEKOSISTEM PADI SAWAH DI PIDIE, ACEH: FONDASI PENGELOLAAN HAMA TERPADU BERKELANJUTAN

COMMUNITY DYNAMICS AND TROPHIC INTERACTIONS OF PREDATORY INSECTS IN PADDY RICE AGROECOSYSTEM IN PIDIE, ACEH: A FOUNDATION FOR SUSTAINABLE INTEGRATED PEST MANAGEMENT

Aidil Amar^{1*}, Diah Fridayati², Tengku Dhean², Mariana²

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireun, Aceh

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireun, Aceh

* Corresponding Author. E-mail address: aidilamaridris@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 08-04-2026

Direvisi: 15-05-2026

Disetujui: 27-05-2026

KEYWORDS:

Agroecosystem, Predatory insects, Trophic interaction, Species diversity, Natural enemies

KATA KUNCI:

Agroekosistem padi, Interaksi trofik, Keanekaragaman serangga, Musuh alami, PHT

ABSTRACT

Rice paddy agroecosystems serve as habitat for diverse predatory insect communities that play a critical role in natural pest regulation. This study aimed to analyze the community structure and trophic interaction patterns of predatory insects in the irrigated rice agroecosystem of Gampong Gintong, Grong-Grong District, Pidie Regency, Aceh. Sampling was conducted during three rice growth phases (35, 45, and 55 days after transplanting/DAT) using pitfall traps, yellow pan traps, and sweep nets in five 20x20 m observation plots. A total of 1,468 individual predatory insects were collected, representing 30 families and 7 orders. Formicidae dominated the assemblage at 79.77% of total individuals with stable abundance throughout the growing season. The Shannon-Wiener diversity index (H') ranged from 0.7624 to 0.9275, indicating low to moderate diversity with no significant differences among phases ($p = 0.075$). In contrast, Simpson's dominance index (C) and Pielou's evenness index (E) differed significantly among growth phases ($p < 0.01$), reflecting progressive Formicidae dominance associated with canopy development. Sørensen similarity indices ($C_s = 0.5882-0.7222$) confirmed high stability of the core predator assemblage across all phase comparisons. Trophic network reconstruction identified ten key predator families operating across three distinct vertical zones with complementary diurnal-nocturnal activity patterns. These findings highlight the importance of vegetated refugia conservation at field bunds and reduction of broad-spectrum insecticide use as a foundation for sustainable integrated pest management (IPM).

ABSTRAK

Komunitas serangga predator di agroekosistem padi sawah Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie, Aceh, tersusun atas 30 famili dari 7 ordo dengan total 1.468 individu yang dikumpulkan pada tiga fase pertumbuhan padi (35, 45, dan 55 HST). Struktur komunitas serangga predator menunjukkan keanekaragaman rendah hingga sedang ($H' = 0,7624-0,9275$) tanpa perbedaan nyata antar fase ($p = 0,075$), sementara Indeks Dominansi Simpson (C) dan Indeks Kemerataan Pielou (E) berbeda sangat nyata antar fase ($p < 0,01$), mencerminkan penguatan dominansi Formicidae (79,77%) seiring perkembangan kanopi tanaman. Indeks Kemiripan Sørensen ($C_s = 0,5882-0,7222$) mengonfirmasi kestabilan komposisi komunitas predator inti pada seluruh perbandingan fase pertumbuhan. Rekonstruksi pola interaksi trofik mengidentifikasi sepuluh famili predator kunci yang beroperasi pada tiga zona vertikal berbeda dengan pola aktivitas diurnal-nokturnal yang saling melengkapi, membentuk dua guild fungsional yang bekerja secara komplementer. Konservasi habitat refugia bervegetasi di pematang sawah dan pengurangan penggunaan insektisida spektrum luas direkomendasikan sebagai fondasi strategi Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) yang berkelanjutan berbasis musuh alami lokal.

1. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama di kawasan Asia tropis yang dibudidayakan pada lebih dari 160 juta hektar lahan di seluruh dunia (FAO, 2023). Di Indonesia, penggunaan insektisida sintesis secara intensif pada pertanaman padi telah terbukti menurunkan keanekaragaman musuh alami, sehingga mengganggu keseimbangan ekologi agroekosistem dan meningkatkan risiko resistensi hama (Tscharntke *et al.*, 2021). Kondisi ini mendorong perlunya alternatif pengendalian hama yang lebih berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan serangga predator sebagai agens hayati.

Serangga predator generalis, seperti laba-laba (*Araneae*), kepik (*Reduviidae*), kumbang koki (*Coccinellidae*), dan kumbang tanah (*Carabidae*), mampu merespons fluktuasi populasi hama secara adaptif karena tidak bergantung pada inang tunggal (Karp *et al.*, 2018). Gurr *et al.* (2016) membuktikan bahwa kehadiran komunitas predator yang beragam pada agroekosistem padi mampu menekan populasi hama secara nyata tanpa mengurangi produktivitas, menjadikan predator sebagai komponen kunci dalam strategi Pengelolaan Hama Terpadu (PHT).

Analisis struktur komunitas melalui indeks Shannon-Wiener (H'), kemerataan Pielou (E), dan dominansi Simpson (C), dikombinasikan dengan rekonstruksi jaring trofik (*food web*), merupakan pendekatan yang komprehensif untuk memahami peran predator dalam agroekosistem (Magurran & McGill, 2011; Delmas *et al.*, 2019). Kajian arthropoda predator di ekosistem sawah Indonesia telah dilakukan di beberapa wilayah, antara lain oleh Bakti *et al.* (2019) di Sumatera Utara, Herlinda *et al.* (2020) di Sumatera Selatan, dan Jauharlina *et al.* (2019) di Aceh. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan analisis struktur komunitas dan interaksi trofik serangga predator di agroekosistem padi sawah Kabupaten Pidie, salah satu sentra produksi padi utama Aceh dengan tekanan pestisida yang tinggi (BPS Pidie, 2022). Ketiadaan data dasar ini menjadi kendala dalam perancangan strategi PHT berbasis musuh alami lokal yang akurat (Altieri *et al.*, 2017).

Penelitian ini bertujuan: (1) menganalisis struktur komunitas serangga predator di agroekosistem padi sawah Gampong Gintong berdasarkan indeks H' , E , dan C pada tiga fase pertumbuhan padi; serta (2) merekonstruksi pola interaksi trofik antara serangga predator dan mangsanya. Hasil penelitian diharapkan menjadi landasan ilmiah bagi pengembangan strategi PHT berbasis musuh alami lokal.

2. BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di agroekosistem padi sawah irigasi teknis Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie, Aceh ($04^{\circ}26'$ – $04^{\circ}30'$ LU; $97^{\circ}50'$ – $97^{\circ}55'$ BT; ketinggian 15–25 m dpl) pada bulan Januari hingga Maret 2026, meliputi fase vegetatif akhir hingga reproduktif tanaman padi (*Oryza sativa* L. varietas Ciherang). Kawasan penelitian merupakan hamparan sawah irigasi teknis dengan pola tanam dua kali setahun, dikelilingi vegetasi tepi saluran irigasi dan semak belukar yang berfungsi sebagai habitat refugia. Iklim setempat termasuk tropis basah dengan curah hujan tahunan 1.800–2.200 mm dan suhu harian rata-rata 24–32°C. Identifikasi spesimen dilakukan di Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireuen.

Desain Sampling dan Pengambilan Data

Penelitian menggunakan metode survei deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan ekologi komunitas. Hamparan sawah Gampong Gintong yang dijadikan lokasi penelitian memiliki luas

total 5 ha (50.000 m²). Pada hamparan sawah tersebut ditetapkan lima petak pengamatan berukuran 20x20 m (400 m² per petak), sehingga total area yang disampling sebesar 2.000 m² atau setara 4% dari luas areal sawah yang diamati. Petak-petak tersebut disusun secara sistematis sepanjang satu garis transek, berjarak minimal 50 m antara petak dan minimal 10 m dari pematang untuk menghindari efek tepi (Santoso et al., 2023). Setiap petak berfungsi sebagai satu satuan ulangan. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga sesi yang bertepatan dengan umur tanaman padi 35, 45, dan 55 HST, mewakili fase vegetatif akhir, pembungaan, dan pengisian biji.

Perangkap jebak tanah (*pitfall trap*) dipasang lima buah per petak berpola kuinkunks. Gelas plastik bening (diameter 10 cm, tinggi 12 cm) ditanamkan rata dengan tanah, diisi sepertiga larutan etanol 70% dicampur air sabun (3:1 v/v), dan dibiarkan aktif 48 jam (Yenti et al., 2020). Perangkap nampan kuning (*yellow pan trap*) sebanyak lima buah per petak dipasang pada ketinggian 40–70 cm menggunakan tiang bambu yang dapat diatur (Arifin et al., 2016). Jaring ayun (*sweep net*) dioperasikan sebanyak 100 ayunan ganda per petak per sesi 50 ayunan pagi (06.00–09.00 WIB) dan 50 ayunan sore (15.00–17.00 WIB) menggunakan jaring berdiameter 30 cm bermata 80 mesh (Santi et al., 2023).

Seluruh spesimen diidentifikasi hingga tingkat famili menggunakan mikroskop stereo (10–40x) berpedoman pada Borror et al. (1996), Kalshoven (1981), Goulet & Huber (1993), dan Shepard et al. (1987). Takson yang tidak teridentifikasi hingga genus diberi kode morfospesies alfanumerik. Penggolongan ke dalam guild fungsional mengacu pada Altieri et al., (2017). Hanya takson predator sejati yang dimasukkan dalam analisis lanjutan.

Analisis Data

Kelimpahan relatif dihitung sebagai $KR = (ni/N) \times 100\%$. Keanekaragaman diukur dengan Indeks Shannon-Wiener $H' = -\sum pi \ln pi$, dikategorikan menurut Odum (1971): $H' < 1,0$ = rendah; $1,0-2,0$ = sedang. Dominansi diukur dengan Indeks Simpson ($C = \sum (ni/N)^2$) dan pemerataan dengan Indeks Pielou ($E = H'/\ln S$). Perbedaan nilai indeks antarfase diuji dengan Kruskal-Wallis, dilanjutkan uji post hoc Mann-Whitney U dengan koreksi Bonferroni ($\alpha = 0,0167$). Kemiripan komunitas dihitung dengan Indeks Sørensen: $Cs = 2c/(a+b)$. Rekonstruksi jaringan trofik dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, setiap famili predator yang terkoleksi diidentifikasi guild fungsionalnya berdasarkan strategi predasi, zona aktivitas, dan pola aktivitas diurnal-nokturnal mengacu pada literatur acuan (Symondson et al., 2002; Settle et al., 1996). Kedua, hubungan predator–mangsa untuk setiap famili ditentukan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan selama pengambilan sampel dan diperkuat melalui telaah pustaka mengenai preferensi mangsa tiap famili predator. Ketiga, seluruh tautan trofik yang teridentifikasi disintesis menjadi jaringan trofik dengan mengklasifikasikan predator ke dalam zona vertikal (permukaan tanah/serasah, pangkal batang, dan kanopi) serta pola aktivitas temporal (diurnal versus nokturnal) untuk menggambarkan partisi relung spasial dan temporal antar famili predator (Delmas et al., 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi dan Kelimpahan Serangga Predator

Lokasi penelitian di Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie merupakan hamparan sawah irigasi teknis dengan elevasi 15–25 m dpl yang dikelilingi vegetasi tepi berupa semak belukar dan tanaman pematang. Pada saat pengambilan sampel, pertanaman padi varietas Ciherang berumur 35–55 HST dengan kondisi kanopi yang terus berkembang dari fase vegetatif akhir menuju fase generatif. Kondisi cuaca selama penelitian berlangsung relatif

normal dengan suhu harian 24–32°C dan kelembaban 70–85%. Areal penelitian menerapkan sistem tanam dua kali setahun dengan penggunaan insektisida yang tergolong tinggi, terutama pada awal musim tanam untuk mengendalikan hama wereng dan penggerek batang padi. Keberadaan pematang bervegetasi, tepi saluran irigasi, dan sisa jerami panen di sekitar petak pengamatan menyediakan habitat refugia yang berpotensi mendukung keragaman komunitas predator. Identifikasi spesimen menghasilkan 1.468 individu serangga predator dari 30 famili dan 7 ordo (Tabel 1). Kekayaan famili ini tergolong tinggi dibandingkan 19–23 famili yang ditemukan pada sawah lebak Sumatera Selatan tanpa aplikasi insektisida (Herlinda et al. 2008), yang diduga berkaitan dengan keberagaman elemen habitat di sekitar petak sawah, meliputi pematang bervegetasi, tepi saluran irigasi, dan sisa jerami panen yang berfungsi sebagai refugia bagi berbagai guild fungsional predator.

Tabel 1. Komposisi dan kelimpahan serangga predator berdasarkan famili dan ordo pada agroekosistem padi sawah Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie, Aceh

Ordo	Famili	35 HST	45 HST	55 HST	Total	KR (%)
Hymenoptera	Formicidae	402	408	361	1.171	79,77
	Sphecidae	5	1	8	14	0,95
	Chrysididae	0	3	0	3	0,20
	Vespidae	2	0	0	2	0,14
	Eucharitidae	0	1	0	1	0,07
	Braconidae	1	0	0	1	0,07
Araneae	Lycosidae	60	34	11	105	7,15
	Cheiracanthiidae	2	0	1	3	0,20
	Araneidae	1	0	1	2	0,14
	Pholcidae	0	2	0	2	0,14
	Oxyopidae	1	0	0	1	0,07
	Nephilidae	0	1	0	1	0,07
Coleoptera	Pyrallidae*	25	0	0	25	1,70
	Hydrophilidae	15	2	6	23	1,57
	Staphylinidae	7	5	7	19	1,29
	Coccinellidae	0	3	8	11	0,75
	Carabidae	2	2	5	9	0,61
	Cicindelidae	1	0	3	4	0,27
	Cantharidae	4	0	0	4	0,27
	Salpingidae	0	2	2	4	0,27
	Anthicidae	0	0	1	1	0,07
	Cerambycidae	0	0	1	1	0,07
	Scaritidae	0	0	1	1	0,07
Diptera	Scenopinidae	7	9	6	22	1,50
	Dolichopodidae	3	9	0	12	0,82
	Muscidae	0	1	1	2	0,14
	Syrphidae	0	1	1	2	0,14
Dermaptera	Anisolabididae	1	5	3	9	0,61
	Chelisochidae	2	0	0	2	0,14
Hemiptera	Reduviidae	5	2	3	10	0,68
Orthoptera	Gryllidae*	1	1	0	2	0,14
Total		547	491	430	1.468	100,00

Keterangan: HST = Hari Setelah Tanam; KR = Kelimpahan Relatif; *Pyrallidae dan Gryllidae dikeluarkan dari analisis predator karena bersifat omnivora atau fitofag.

Famili *Formicidae* mendominasi tangkapan dengan 1.171 individu (79,77%) dan memperlihatkan kelimpahan yang konsisten (402 individu pada 35 HST, 408 pada 45 HST, dan 361 pada 55 HST). Selisih antara periode tertinggi dan terendah tidak mencapai 11%, mencerminkan sifat eusosial koloni semut yang aktivitas pencarian pakannya tidak bergantung pada jenis mangsa tunggal maupun kondisi penutupan kanopi tertentu (Hölldobler & Wilson, 1990).

Famili *Lycosidae* menempati urutan kedua dengan 105 individu (7,15%), namun menunjukkan penurunan kelimpahan yang mencolok dari 60 individu pada 35 HST menjadi 11 individu pada 55 HST (penurunan 81,7%). Pola ini berkaitan dengan strategi berburu *Lycosidae* sebagai wandering predator yang pergerakan aktifnya di permukaan tanah terhambat oleh penutupan kanopi yang semakin rapat pada fase generatif (Dean et al. 2019). Mengingat peran *Lycosidae* sebagai predator utama wereng batang coklat *Nilaparvata lugens* Stål (Barrion & Litsinger, 1994), penurunan populasinya pada fase lanjut berimplikasi pada berkurangnya pengendalian hayati justru saat tekanan hama meningkat.

Di antara famili-famili *Coleoptera*, terdapat variasi pola temporal yang signifikan. *Coccinellidae* tidak ditemukan pada 35 HST, muncul dengan 3 individu pada 45 HST, dan meningkat menjadi 8 individu pada 55 HST, sesuai dengan mekanisme rekrutmen yang dipicu oleh peningkatan kepadatan kutu daun (*Aphididae*) menjelang fase generatif padi (Hodek et al. 2012). Secara keseluruhan, total kelimpahan predator menurun dari 547 individu pada 35 HST menjadi 430 individu pada 55 HST (penurunan 21,4%), konsisten dengan pola yang dilaporkan Herlinda et al. (2008).

Struktur Komunitas Serangga Predator

Nilai indeks ekologi per ulangan dan rerata disajikan pada Tabel 2. Nilai H' tidak berbeda nyata antara ketiga fase (Kruskal-Wallis, $H=5,180$; $p=0,075$). Rerata H' tertinggi tercatat pada 35 HST ($H'=0,9275 \pm 0,1129$), tergolong rendah-sedang menurut Odum (1971), kemudian turun pada 45 HST ($H'=0,7624 \pm 0,0850$), dan sedikit meningkat pada 55 HST ($H'=0,8198 \pm 0,0966$). Keanekaragaman yang lebih tinggi pada awal pertumbuhan mencerminkan kolonisasi lebih banyak famili predator ketika struktur kanopi masih terbuka dan sumber daya mangsa lebih beragam (Settle et al., 1996). Rendahnya nilai H' secara umum ($H' < 1,0$) disebabkan oleh dominansi ekstrem *Formicidae*, suatu fenomena yang lazim pada agroekosistem monokultur intensif di mana kondisi habitat lebih kondusif bagi spesies oportunistik r-strategis (Tscharrntke et al. 2005).

Indeks Simpson (C) menunjukkan perbedaan sangat nyata antar fase (Kruskal-Wallis, $H=9,500$; $p=0,0087$). Nilai C pada 35 HST ($0,6129 \pm 0,0246$) nyata lebih rendah dibandingkan 45 HST ($0,7002 \pm 0,0212$; $p=0,0079$) dan 55 HST ($0,7044 \pm 0,0213$; $p=0,0079$), mencerminkan penguatan dominansi *Formicidae* seiring perkembangan kanopi yang membatasi mobilitas predator non-semut. Indeks Pielou (E) juga berbeda sangat nyata (Kruskal-Wallis, $H=9,572$; $p=0,0083$): nilai E pada 35 HST ($0,3893 \pm 0,0201$) nyata lebih tinggi dibandingkan 45 HST ($0,3327 \pm 0,0166$) dan 55 HST ($0,3224 \pm 0,0344$). Nilai E yang konsisten rendah ($E < 0,50$) mengonfirmasi distribusi kelimpahan yang sangat timpang: 14 dari 30 famili hanya diwakili oleh 1–4 individu, sementara *Formicidae* mencapai lebih dari 1.000 individu (Clough et al. 2009).

Tabel 2. Nilai indeks ekologi komunitas serangga predator per ulangan dan rerata (\pm SD) pada tiga fase pertumbuhan padi di Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie, Aceh

Fase	Ul.	N	S	H'	C (Simpson)	E (Pielou)
35 HST	1	103	11	0,8146	0,6250	0,3720
	2	106	13	1,0040	0,5955	0,3980
	3	108	11	0,9839	0,6002	0,4025
	4	102	12	1,0379	0,5932	0,4100
	5	104	10	0,7970	0,6505	0,3640
Rerata \pm SD		104,6 \pm 2,4	11,4 \pm 1,1	0,9275 \pm 0,1129a	0,6129 \pm 0,0246a	0,3893 \pm 0,0201a
45 HST	1	96	10	0,6700	0,7220	0,3200
	2	101	11	0,8685	0,6730	0,3550
	3	99	10	0,7935	0,6987	0,3340
	4	98	10	0,7997	0,6870	0,3410
	5	96	9	0,6804	0,7202	0,3135
Rerata \pm SD		98,0 \pm 2,1	10,0 \pm 0,7	0,7624 \pm 0,0850a	0,7002 \pm 0,0212b	0,3327 \pm 0,0166b
55 HST	1	84	10	0,7857	0,7120	0,3120
	2	86	12	0,7321	0,7230	0,2980
	3	88	11	0,9234	0,6784	0,3550
	4	86	13	0,9228	0,6852	0,3620
	5	86	11	0,7352	0,7234	0,2850
Rerata \pm SD		86,0 \pm 1,4	11,4 \pm 1,1	0,8198 \pm 0,0966a	0,7044 \pm 0,0213b	0,3224 \pm 0,0344b
p-value KW				0,0750 tn	0,0087**	0,0083**

Keterangan: Ul. = Ulangan; N = jumlah individu; S = jumlah famili; H' = Shannon-Wiener; C = Simpson; E = Pielou; tn = tidak nyata ($p > 0,05$); ** = sangat nyata ($p < 0,01$). Superskrip berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar fase (Mann-Whitney U, koreksi Bonferroni $\alpha = 0,0167$).

Kemiripan Komunitas Antara Fase Pertumbuhan

Seluruh nilai Cs melampaui ambang batas 0,50 ($C_s=0,5882-0,7222$), mengindikasikan kemiripan komunitas yang tinggi pada semua perbandingan fase. Kemiripan tertinggi dijumpai antara fase 45 dan 55 HST ($C_s=0,7222$), menandakan stabilitas komposisi komunitas yang lebih besar selama fase reproduktif. Kemiripan terendah antara 35 dan 45 HST ($C_s=0,5882$) mencerminkan periode transisi komunitas paling dinamis, bertepatan dengan perubahan arsitektur kanopi yang paling signifikan. Kestabilan rakitan inti predator-yang didominasi Formicidae, Lycosidae, dan Staphylinidae-mengindikasikan bahwa layanan pengendalian biologis tidak terputus sepanjang musim tanam.

Tabel 3. Indeks Kemiripan Sørensen (Cs) komunitas serangga predator antara pasang fase pertumbuhan padi di Gampong Gintong

Perbandingan Fase	a	b	c	Cs	Kategori
35 HST vs 45 HST	17	17	10	0,5882	Tinggi
45 HST vs 55 HST	17	19	13	0,7222	Tinggi
35 HST vs 55 HST	17	19	11	0,6111	Tinggi

Keterangan: a = jumlah famili fase A; b = jumlah famili fase B; c = jumlah famili bersama; Cs = $2c/(a+b)$. Tinggi jika Cs $\geq 0,50$ (Sørensen, 1948).

Rekonstruksi Interaksi Trofik Serangga Predator

Jaringan trofik (*trophic network*) atau jaring makanan merupakan representasi hubungan makan-memakan antara organisme dalam suatu ekosistem yang menggambarkan aliran energi dan materi dari satu tingkat trofik ke tingkat berikutnya. Dalam agroekosistem padi sawah, jaringan trofik tersusun atas tiga tingkatan utama: (1) tanaman padi dan bahan organik sebagai produsen/sumber energi dasar, (2) serangga herbivora (hama) sebagai konsumen primer yang memakan tanaman padi, dan (3) serangga predator sebagai konsumen sekunder yang memangsa hama tersebut. Kompleksitas jaringan trofik ditentukan oleh jumlah spesies yang terlibat, keanekaragaman tautan predator mangsa, dan tingkat spesialisasi mangsa masing-masing predator (Delmas et al., 2019). Jaringan trofik yang kompleks dengan banyak tautan umumnya lebih stabil dan lebih tangguh terhadap gangguan dibandingkan jaringan sederhana, karena hilangnya satu tautan dapat dikompensasi oleh tautan lainnya (Dunne et al., 2002). Pemahaman tentang struktur jaringan trofik predator di agroekosistem padi menjadi landasan penting dalam merancang strategi PHT berbasis musuh alami, karena memungkinkan identifikasi famili predator kunci yang paling berpengaruh dalam penekanan populasi hama. Rekonstruksi jaringan trofik dari sepuluh famili predator dominan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekonstruksi interaksi trofik sepuluh famili serangga predator dominan pada agroekosistem padi sawah Gampong Gintong, Kecamatan Grong-Grong, Kabupaten Pidie, Aceh

Famili	Ordo	Mangsa Utama	Strategi Predasi	Zona Predasi	Referensi
Formicidae	Hymenoptera	Telur, larva & nimfa hama padi; artropoda kecil multi-ordo	Predasi aktif multi-trofik; mobilisasi koloni massal	Permukaan tanah, batang, kanopi	Hölldobler & Wilson (1990); Settle et al. (1996)
Lycosidae	Araneae	Wereng batang coklat (N. lugens), penggerek batang padi	Berburu bebas nokturnal; predasi aktif tanpa jaring	Permukaan air, pangkal batang	Settle et al. (1996); Symondson et al. (2002)
Coccinellidae	Coleoptera	Kutu daun (Aphididae), nimfa	Predasi spesialis afid; larva dan	Permukaan daun, kanopi atas	Symondson et al. (2002);

		Homoptera bertubuh lunak	imago sama-sama aktif		Hodek et al. (2012)
Staphylinidae	Coleoptera	Larva Diptera, nimfa Homoptera, artropoda tanah kecil	Predasi generalis; aktif di lapisan serasah & tanah lembap	Lapisan serasah, tanah pangkal batang	Settle et al. (1996)
Dolichopodidae	Diptera	Trips (Thripidae), kutu daun, serangga bertubuh lunak kecil	Predasi aerial aktif; menangkap mangsa saat terbang	Permukaan daun atas, kanopi	Pollet (2009); Symondson et al. (2002)
Reduviidae	Hemiptera	Wereng coklat, walang sangit, serangga herbivora	Predasi penghisap cairan; membidik imago & nimfa besar	Kanopi, batang, malai fase generatif	Ambrose (1999); Symondson et al. (2002)
Carabidae	Coleoptera	Larva & pupa tanah, siput kecil, artropoda tanah	Predasi tanah generalis; aktif nokturnal, pergerakan cepat	Permukaan tanah, tepi pematang	Settle et al. (1996)
Sphecidae	Hymenoptera	Orthoptera, Hemiptera, laba-laba kecil untuk bekal sarang	Predasi provisi; membius & menyimpan mangsa hidup	Pematang, pangkal batang, sekitar sarang	Symondson et al. (2002)
Anisolabididae	Dermoptera	Telur serangga, larva bertubuh lunak, artropoda kecil nokturnal	Predasi oportunistik nokturnal menggunakan cerci	Serasah, pangkal batang, celah tanah lembap	Settle et al. (1996)
Pentatomidae	Hemiptera	Serangga herbivora berbagai tahapan di kanopi	Predasi semi-spesialis; memposisikan diri di pertengahan kanopi	Bawah daun, pertengahan kanopi	Symondson et al. (2002)

Keterangan: Mangsa utama disusun berdasarkan pengamatan lapangan dan telaah pustaka.

Jaringan trofik yang terbentuk menampilkan dua guild fungsional yang bekerja secara komplementer. Guild predator generalis-Formicidae, Staphylinidae, Carabidae, dan

Anisolabididae-menangani mangsa dari berbagai takson tanpa selektivitas ketat. Guild predator semi-spesialis-Lycosidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, dan Reduviidae-memfokuskan mangsanya pada kelompok hama tertentu. Cardinale *et al.* (2003) menunjukkan bahwa kehadiran dua guild secara simultan menghasilkan efek komplementaritas yang meningkatkan penekanan hama melebihi yang dicapai satu guild saja.

Partisi relung spasial tergambar jelas: Carabidae, Staphylinidae, dan Anisolabididae menguasai zona tanah dan serasah; Formicidae dan Lycosidae mendominasi zona pangkal batang; sedangkan Dolichopodidae, Reduviidae, Coccinellidae, dan Sphecidae menempati kanopi atas. Pola stratifikasi vertikal serupa dilaporkan Rukmowati *et al.* (2020) pada sawah Jawa Tengah, mengindikasikan bahwa partisi relung ini merupakan karakteristik konvergen pada agroekosistem padi Asia Tenggara.

Formicidae yang menduduki posisi hub trofik pusat memberikan konsekuensi ganda. Di satu sisi, dominasinya menjamin keberlangsungan tekanan biologis di lapangan. Di sisi lain, ketergantungan komunitas yang besar pada satu famili tunggal menciptakan kerentanan: gangguan terhadap Formicidae akibat aplikasi insektisida spektrum luas akan memutus sebagian besar tautan trofik secara serentak (Dunne *et al.*, 2002). Oleh sebab itu, prioritas manajemen habitat perlu diarahkan pada penguatan populasi predator non-Formicidae melalui penanaman tanaman refugia berbunga di pematang, yang terbukti meningkatkan keragaman predator sensitif terhadap gangguan (Gurr *et al.*, 2016).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, struktur komunitas serangga predator di agroekosistem padi sawah Gampong Gintong, Pidie, Aceh tersusun atas 30 famili dari 7 ordo dengan total 1.468 individu. Famili *Formicidae* mendominasi tangkapan (79,77%) dengan kelimpahan yang konsisten pada ketiga fase (402, 408, dan 361 individu pada 35, 45, dan 55 HST). Indeks Shannon-Wiener ($H' = 0,7624-0,9275$) mengindikasikan keanekaragaman rendah hingga sedang tanpa perbedaan nyata antar fase ($H = 5,180$; $p = 0,075$), menunjukkan komunitas yang relatif stabil secara komposisi. Indeks Dominansi Simpson (C) dan Indeks Kemerataan Pielou (E) berbeda sangat nyata antar fase ($p < 0,01$), mencerminkan penguatan dominansi Formicidae seiring perkembangan kanopi yang membatasi mobilitas predator non-semut. Indeks Sørensen ($C_s = 0,5882-0,7222$) mengonfirmasi kestabilan tinggi komposisi komunitas predator inti pada seluruh perbandingan fase, dengan kemiripan tertinggi antara fase 45 dan 55 HST. Kedua, rekonstruksi pola interaksi trofik mengidentifikasi sepuluh famili predator kunci yang terbagi dalam dua guild fungsional: guild generalis (Formicidae, Staphylinidae, Carabidae, Anisolabididae) dan guild semi-spesialis (Lycosidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, Reduviidae, Sphecidae, dan Anisolabididae). Kesepuluh famili tersebut beroperasi pada tiga zona vertikal berbeda permukaan tanah/serasah, pangkal batang, dan kanopi dengan pola aktivitas diurnal-nokturnal yang saling melengkapi sehingga membentuk jaringan pengendalian biologis yang berkesinambungan. Formicidae menempati posisi hub trofik pusat, sehingga keberlangsungan populasinya bersifat kritis bagi kestabilan seluruh jaringan trofik. Oleh karena itu, konservasi habitat refugia bervegetasi di pematang sawah dan pengurangan penggunaan insektisida spektrum luas merupakan strategi utama yang direkomendasikan sebagai fondasi PHT berkelanjutan berbasis musuh alami lokal di Kabupaten Pidie.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M.A., Nicholls C.I., Montalba, R. (2017). Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. *Sustainability*. 9(3): 349. <https://doi.org/10.3390/su9030349>
- Ambrose, D.P. (1999). *Assassin Bugs*. Science Publishers.
- Arifin, L.S., Leksono, A.S., Retnaningdyah, C. (2016). Keanekaragaman serangga predator pada berbagai sistem pertanian di Malang, Jawa Timur. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 13(3): 115–124. <https://doi.org/10.5994/jei.13.3.115>
- Bakti, D., Marheni, M., Tua, R.A. (2019). Keanekaragaman serangga musuh alami pada ekosistem padi sawah di Sumatera Utara. *Jurnal HPT Tropika*. 19(2): 120–130. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.21920-130>
- Barrion, A.T., Litsinger, J.A. (1994). *Riceland Spiders of South and Southeast Asia*. CAB International & International Rice Research Institute.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A., Johnson, N.F. (1996). *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Edisi ke-6. Terjemahan S. Partosoedjono. Gajah Mada University Press.
- BPS Kabupaten Pidie. (2022). *Kabupaten Pidie dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pidie.
- Cardinale, B.J., Harvey, C.T., Gross, K., Ives, A.R. (2003). Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecology Letters*. 6(9): 857–865. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00500.x>
- Clough, Y., Kruess, A., Tschardtke, T. (2009). Organic versus conventional arable farming: differences in yields and arthropod diversity along a management intensity gradient. *Journal of Applied Ecology*. 44(4): 829–838. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01334.x>
- Dean, D.A., Nyffeler, M., Symondson, W.O.C. (2019). Spider predation on insects: when and how often does it occur? *Biological Reviews*. 94(6): 1987–2001. <https://doi.org/10.1111/brv.12541>
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M.H., Burkle, L.A., Fortin, M.J., Gravel, D., Guimaraes, P.R., Poisot, T. (2019). Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*. 94(1): 16–36. <https://doi.org/10.1111/brv.12433>
- Dunne, J.A., Williams, R.J., Martinez, N.D. (2002). Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*. 5(4): 558–567. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00354.x>
- FAO. (2023). *Rice Market Monitor*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/rice/market-monitor>
- Goulet, H., Huber, J.T. (1993). *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Canada Communication Group.
- Gurr, G.M., Lu, Z., Zheng, X., Xu, H., Zhu, P., Chen, G., Catindig, J.L., Villareal, S., Van Chien, H., Cuong, L.Q., Heong, K.L. (2016). Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants*. 2(3): 16014. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.14>
- Herlinda, S., Waluyo, Estuningsih, S.P., Irsan, C. (2008). Perbandingan keanekaragaman spesies dan kelimpahan artropoda predator penghuni tanah di sawah lebak yang diaplikasi dan tanpa aplikasi insektisida. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1): 29–34.

- Herlinda, S., Mayasari, R., Adam, T., Pujiastuti, Y. (2020). Insect biodiversity of rice fields treated with different insecticides in South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(5): 2048–2059. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210524>
- Hirt, M.R., Lauermann, T., Brose, U., Noldus, L.P.J.Q., Dell, A.I. (2021). The little things that run: a general scaling of invertebrate exploratory speed with body mass. *Ecology*. 102(1): e03253. <https://doi.org/10.1002/ecy.3253>
- Hodek, I., van Emden, H.F., Honek, A. (2012). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118223208>
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. Harvard University Press.
- Jauharlina, Hasnah, Taufik M.I. (2019). Diversity and community structure of arthropods on rice ecosystem in Aceh. *Journal of Agricultural Science*. 41(2): 316–324.
- Kalshoven, L.G.E. (1981). *The Pests of Crops in Indonesia*. Revised and translated by PA van der Laan. PT Ictiar Baru-van Hoeve.
- Karp, D.S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T.D., Martin, E.A., DeClerck, F., Grab, H., Gratton, C., Hunt, L., Larsen, A.E., Martinez-Salinas, A., O'Rourke, M.E., Rusch, A., Poveda, K., Jonsson, M., Rosenheim, J.A., Schellhorn, N.A., Tscharntke, T., Kremen, C. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115(33): E7863–E7870. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115>
- Magurran, A.E., McGill, B.J. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford University Press.
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. 3rd Edition. W.B. Saunders.
- Pollet, M. (2009). Dolichopodidae (Diptera) and their potential as bioindicators. *Studia Dipterologica*. 16(1–2): 119–130.
- Rukmowati, I., Buchori, D., Manuwoto, S., Hidayat, P. (2020). Diversity and abundance of arthropod natural enemies in paddy fields of Central Java, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(8): 3620–3628. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210828>
- Santi, F., Soesilohadi, R.C.H., Wijonarko, A. (2023). Kelimpahan dan keanekaragaman serangga predator pada ekosistem padi sawah. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 27(1): 45–54. <https://doi.org/10.22146/jpti.74213>
- Santoso, T., Karindah, S., Puspitarini, R.D. (2023). Keragaman arthropoda predator pada sistem pertanian padi organik dan konvensional. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 11(2): 88–97. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2023.011.2.4>
- Settle, W.H., Ariawan, H., Astuti, E.T., Cahyana, W., Hakim, A.L., Hindayana, D., Lestari, A.S., Sartanto. (1996). Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*. 77(7): 1975–1988. <https://doi.org/10.2307/2265694>
- Shepard, B.M., Barrion, A.T., Litsinger, J.A. (1987). *Friends of the Rice Farmer: Helpful Insects, Spiders, and Pathogens*. International Rice Research Institute.
- Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*. 47: 561–594. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240>
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*. 36(10): 919–930. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>
- Yenti, R., Hamid, H., Silvia, S. (2020). Keanekaragaman dan kelimpahan serangga predator pada pertanaman padi sawah irigasi teknis. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*. 3(2): 78–87.