



Original Article

Struktur komunitas kutu putih (Hemiptera: Pseudococcidae) dan musuh alaminya pada tanaman singkong (*Manihot esculenta* Crantz) di Kecamatan Ciampea dan Sukaraja, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Community structure of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) and their natural enemies on cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) in Ciampea and Sukaraja Subdistrict, Bogor, West Java

Putri Indah Wahyuni*, Dadan Hindayana, Dewi Sartiami, Lexi Majesty Pendong

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Penulis korespondensi:

Putri Indah Wahyuni
(putribintimuhammadsidi24@gmail.com)

Diterima: Maret 2025

Disetujui: Oktober 2025

Sitasi:

Wahyuni PI, Hindayana D, Sartiami D. 2025. Struktur komunitas kutu putih (Hemiptera: Pseudococcidae) dan musuh alaminya pada tanaman singkong (*Manihot esculenta* Crantz) di Kecamatan Ciampea dan Sukaraja, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 22(3):152–164. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.22.3.152>

ABSTRAK

Singkong merupakan salah satu komoditas pangan di Indonesia, namun produktivitasnya sering mengalami penurunan akibat serangan kutu putih (Hemiptera: Pseudococcidae). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan kelimpahan kutu putih serta hubungan ekologi musuh alaminya pada tanaman singkong. Metode pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan mengambil 100 tanaman contoh per lokasi, yaitu Desa Benteng dan Desa Pasirlaya di Kabupaten Bogor. Sampel kutu putih dan parasitoid diambil dari tiga helai daun yang terserang, sedangkan predator dikoleksi dari kanopi tanaman. Identifikasi dilakukan secara morfologi hingga ke tingkat spesies, dianalisis menggunakan indeks ekologi, dan dibandingkan dengan uji Mann-Whitney. Hasil penelitian menemukan empat spesies kutu putih, yaitu *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, *Ferrisia virgata* (Cockerell), *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Gimpel & Miller), dan *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero. Musuh alami kutu putih yang ditemukan dari kelompok predator, yaitu *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, *Plesiochrysa ramburi* (Schneider), *Scymnus* sp.1, *Scymnus* sp.2, *Theridion* sp. dan dari kelompok parasitoid, yaitu *Anagyrus lopezi* (De Santis), *Acerophagus papayae* Noyes & Schauff. Indeks keanekaragaman, kemerataan, dan kekayaan spesies arthropoda lebih tinggi di Pasirlaya, sedangkan dominansi lebih tinggi di Benteng, tingkat parasitisasi *A. papayae* dan *A. lopezi* lebih stabil di Pasirlaya, meskipun populasi arthropoda tidak berbeda signifikan antar lokasi ($P = 0,31$). Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *Pa. marginatus* dan *Ph. manihoti* adalah spesies kutu putih dominan, dengan predator *Theridion* sp. dan *C. montrouzieri* sebagai musuh alami yang paling melimpah. Parasitoid *A. lopezi* diketahui memarasit *Ph. manihoti* dan *A. papayae* memarasit *Pa. marginatus*.

Kata kunci: kelimpahan, parasitoid, populasi, predator, Pseudococcidae

ABSTRACT

Cassava is one of the food commodities in Indonesia, but its productivity often decreases due to mealybug attacks (Hemiptera: Pseudococcidae). This study aims to determine the type and abundance of mealybugs and the ecological relationships between them and their natural enemies on cassava plants. The sampling method employed was purposive sampling, involving the selection of 100 sample plants per location, namely Benteng Village and Pasirlaya Village, in Bogor Regency. Mealybug and parasitoid samples were taken from three infested leaves, while predators were collected from the plant canopy. Identification was carried out morphologically to the species level, analyzed using the ecological index, and compared using the Mann-Whitney test ($P = 0.05$). The study's results identified four species of mealybugs: *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, *Ferrisia virgata* (Cockerell), *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Gimpel & Miller), and *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero. Natural enemies of mealybugs found from the predator group were *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, *Plesiochrysa ramburi* (Schneider), *Scymnus* sp.1, *Scymnus* sp.2, *Theridion* sp., and from the parasitoid group, namely *Anagyrus lopezi* (De Santis), *Acerophagus papayae* Noyes & Schauff. The diversity, evenness, and richness indices of arthropod species were higher in Pasirlaya, while dominance was higher in Benteng. The parasitization rate of *A. papayae* and *A. lopezi* was more stable in Pasirlaya, although the arthropod population did

not differ significantly between locations ($P = 0,31$). This study concluded that *Pa. marginatus* and *Ph. manihoti* were the dominant mealybug species, with predators *Theridion* sp. and *C. montrouzieri* as the most abundant natural enemies, The parasitoid *A. lopezi* was known to parasitize *Ph. manihoti*, and *A. papayae* parasitized *Pa. marginatus*.

Key words: abundance, parasitoid, population, predator, Pseudococcidae

PENDAHULUAN

Singkong merupakan salah satu komoditas pangan utama di Indonesia yang berperan penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian nasional. Pada tahun 2021, ekspor singkong Indonesia mencapai 124,36 juta USD (Kementan 2023). Lima provinsi utama penghasil singkong di Indonesia adalah Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan DI Yogyakarta (Retno 2020). Produktivitas singkong di berbagai provinsi tersebut bervariasi. Lampung mencatat produksi tertinggi sebesar 264,45 kuintal/hektar, diikuti oleh Jawa Tengah (236,73 kuintal/hektar), Jawa Barat (234,53 kuintal/hektar), Jawa Timur (215,39 kuintal/hektar), dan DI Yogyakarta dengan produktivitas terendah sebesar 157,01 kuintal/hektar (BPS 2014–2015). Singkong juga banyak dibudidayakan di berbagai wilayah, termasuk Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Berdasarkan data BPS Kabupaten Bogor, produktivitas singkong di wilayah tersebut mengalami penyusutan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2014, produktivitas singkong di Kabupaten Bogor mencapai 296,23 kuintal/hektar, tetapi menyusut menjadi 249,14 kuintal/hektar pada tahun 2015. Penyusutan ini terus berlanjut hingga mencapai 232,08 kuintal/hektar pada tahun 2020.

Salah satu kendala yang menyebabkan penurunan produktivitas singkong adalah serangan hama, terutama kutu putih (Hemiptera: Pseudococcidae), yang dapat menyebabkan kerugian hasil panen sekitar 40–50% di Indonesia (Wardani 2015). Serangan kutu putih menyebabkan gejala, seperti pertumbuhan bagian atas tanaman yang kerdil (*bunchy top*), daun bergelombang atau mengeriting, serta deformasi batang yang menghambat pertumbuhan normal (Sidarlin et al. 2020; Fanani et al. 2019). Pada tingkat serangan berat, kutu putih dapat menurunkan kualitas dan kuantitas umbi yang dihasilkan (Abdulchalek et al. 2017). Oleh karena itu, upaya pengendalian kutu putih perlu mendapat perhatian khusus untuk meningkatkan produktivitas singkong, terutama di Kabupaten Bogor dan wilayah lainnya di Indonesia.

Pengendalian kutu putih yang umum dilakukan oleh petani masih menggunakan pestisida sintetik. Namun, penggunaan insektisida yang intensif dan tidak bijaksana dapat menyebabkan resistensi dan resurgensi

hama, pencemaran lingkungan, biaya produksi yang tinggi, serta matinya musuh alami (Hasyim et al. 2015; Handayani et al. 2019). Salah satu pendekatan yang lebih ramah lingkungan dalam pengelolaan hama adalah pengendalian hayati melalui pemanfaatan musuh alami, termasuk predator dan parasitoid. Musuh alami berperan dalam menekan populasi kutu putih secara alami dan membantu menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Struktur komunitas dalam suatu ekosistem pertanian mencerminkan keseimbangan antara populasi hama dan musuh alaminya sehingga pemahaman mengenai ekologi komunitas kutu putih dan musuh alaminya menjadi penting dalam perancangan strategi pengendalian hayati yang efektif dan berkelanjutan (Susila et al. 2019).

Penelitian mengenai struktur komunitas kutu putih dan musuh alaminya pada tanaman singkong telah dilakukan di beberapa daerah untuk memahami efektivitas pengendalian hayati. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Nurmasari (2020) di Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, melaporkan keanekaragaman spesies kutu putih dan musuh alaminya serta pola sebaran kutu putih dan musuh alaminya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat spesies kutu putih yang dominan dan musuh alaminya berupa predator serta memiliki pola sebaran yang mengelompok. Selain itu, Fanani et al. (2024a) di Kabupaten Bogor, Jawa Barat, meneliti dinamika populasi *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink pada tanaman singkong serta hubungannya dengan musuh alami. Meskipun penelitian mengenai struktur komunitas kutu putih dan musuh alaminya telah banyak dilakukan di berbagai daerah, informasi spesifik mengenai komunitas ini di Kabupaten Bogor, khususnya di Desa Benteng (Kecamatan Ciampea) dan Desa Pasirlaya (Kecamatan Sukaraja), belum dilaporkan.

Setiap wilayah memiliki karakteristik ekologi yang berbeda, yang dapat memengaruhi komposisi spesies, kelimpahan, serta dominansi kutu putih dan musuh alaminya. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan informasi (*research gap*) mengenai struktur komunitas kutu putih dan musuh alaminya serta hubungan ekologi di antara keduanya di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis, kelimpahan,

dan hubungan ekologi kutu putih dan musuh alaminya yang berasosiasi pada kutu putih singkong. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengelolaan kutu putih secara berkelanjutan, meningkatkan produktivitas tanaman singkong, serta mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan di Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

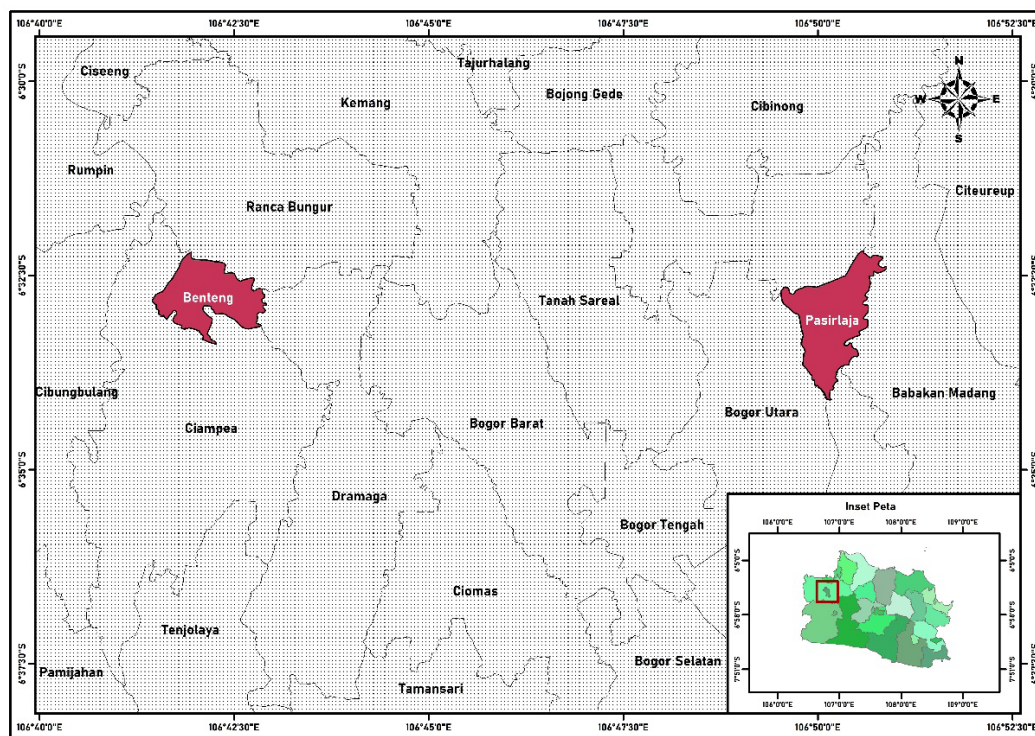
BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga November 2024 di dua lokasi, yaitu Desa Benteng (Kecamatan Ciampea) dan Desa Pasirlaya (Kecamatan Sukaraja), Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Proses identifikasi spesimen dilakukan di Laboratorium Biosistemika Serangga, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University. Lokasi pertama terletak di Desa Benteng (Kecamatan Ciampea) dengan koordinat geografis 6°33'7.40" LS dan 106°42'40.28" BT pada ketinggian 156 meter di

atas permukaan laut (m dpl). Lokasi kedua berada di Desa Pasirlaya (Kecamatan Sukaraja) pada koordinat 6°32'58.69" LS dan 106°49'52.38" BT dengan ketinggian 183 m dpl (Gambar 1).

Data ekologi yang diamati, meliputi suhu udara, kelembapan relatif, curah hujan, dan intensitas sinar matahari (Tabel 1). Data tersebut diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Jawa Barat. Lahan singkong di kedua lokasi memiliki karakteristik yang berbeda. Di Desa Benteng, varietas singkong yang ditanam adalah Darul Hidayah dengan umur tanaman enam bulan pada saat pengamatan. Sistem budi daya yang diterapkan di lokasi ini menggunakan rotasi tanaman, dengan tanaman sekitar berupa kacang panjang. Di Desa Pasirlaya, varietas singkong yang digunakan adalah Manggu dengan umur tanaman tujuh bulan dan tanpa penerapan sistem rotasi tanaman. Tanaman sekitar di lokasi ini adalah pisang. Jarak tanam singkong di kedua lokasi adalah 0,8 m × 1 m.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

Figure 1. Map of research locations in Bogor Regency, West Java.

Tabel 1. Rata-rata kondisi iklim Kabupaten Bogor, Jawa Barat selama pengamatan dan pengambilan sampel di lapangan
Table 1. Average climate conditions in Bogor Regency, West Java during the observation and sampling period in the field

Bulan (Month)	Suhu (Temperature) (°C)	Kelembapan (Humidity) (%)	Curah hujan (Rainfall) (mm)	Sinar matahari (Sunlight) (jam/hari) (hour/day)
Juli (July)	21,42	81,63	2,07	5,16
Agustus (August)	21,89	79,52	1,76	6,28

Sumber: BMKG (2024)

Penentuan petak pengamatan

Penentuan petak pengamatan dilakukan di dua desa yang berada pada kecamatan berbeda, yaitu di Desa Benteng (Kecamatan Ciampea) dan Desa Pasirlaya (Kecamatan Sukaraja), Kabupaten Bogor, Jawa Barat (Gambar 1). Luas petak pengamatan pada setiap lokasi diambil $\pm 1.000 \text{ m}^2$ (satu petak) dan dibagi menjadi lima subpetak secara diagonal. Tanaman contoh pada tiap subpetak dimulai dari tanaman baris ketiga bagian tepi kebun. Satu subpetak dipilih 20 tanaman contoh sehingga jumlah total tanaman yang diamati terdapat 100 tanaman pada setiap petak pengamatan.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* pada tanaman yang terserang kutu putih. Teknik pengambilan sampel kutu putih dan musuh alaminya pada masing-masing tanaman diwakili oleh tiga helai daun, yaitu satu helai daun bagian atas, satu helai daun bagian tengah, dan satu helai daun bagian bawah, pengambilan sampel dengan cara ini merujuk pada Hariyanto et al. (2020). Daun yang diambil dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* ukuran $40 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ kemudian dibawa ke laboratorium untuk diamati, diidentifikasi, dan dihitung jumlah populasinya menggunakan mikroskop stereo dan *handcounter*. Apabila kutu putih yang diamati terserang parasitoid dengan munculnya bentuk seperti mumi maka mumi di *rearing* di dalam tabung *eppendorf* 1,5 ml hingga muncul menjadi imago parasitoid, lalu diidentifikasi. Metode pengambilan sampel musuh alami berupa predator dilakukan dengan mengamati satu rumpun tanaman atau dari kanopi tanaman. Beberapa sampel kutu putih yang memiliki bentuk yang sama disimpan dan dimasukkan ke dalam tabung *eppendorf* 1,5 ml yang berisi alkohol 70%, sedangkan untuk predator dimasukkan ke dalam botol vial 10 ml yang berisi alkohol 70%. Pengambilan sampel dilakukan tujuh hari sekali selama dua bulan.

Identifikasi kutu putih dan musuh alaminya

Identifikasi sampel diawali dengan penyortiran serangga, pengamatan morfologi, dan dilanjutkan proses identifikasi hingga tingkat spesies. Data hasil identifikasi kemudian dipisah berdasarkan peranannya. Identifikasi morfologi serangga mengacu pada buku, *website* resmi, dan publikasi lainnya. Identifikasi kutu putih mengacu pada buku identifikasi yang ditulis oleh Williams & Granara de Willink (1992). Sementara, identifikasi musuh alami menggunakan buku yang ditulis oleh New (1991), Gutierrez et al. (2019), Goulet & Huber (1993), Noyes & Hayat (1984), Grissell &

Schauff (1990), Spriggs & Sinclair (2021), Putri et al. (2021), Ruswandi (2003), dan menggunakan *website* situs identifikasi resmi, seperti *iNaturalist.ca* dan *bugguide.net*.

Pengamatan struktur komunitas

Pengamatan struktur komunitas kutu putih dan musuh alaminya dilakukan secara langsung pada kanopi tanaman singkong di masing-masing petak pengamatan yang telah ditentukan. Pengamatan dilakukan dengan mencatat dan menghitung populasi semua spesies kutu putih, musuh alami (predator dan parasitoid), dan kelompok arthropoda lainnya. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan beberapa parameter struktur komunitas, yaitu

Indeks kelimpahan relatif (IKR). Kelimpahan relatif digunakan untuk mengetahui persentase individu masing-masing spesies terhadap total individu yang ditemukan. Perhitungan kelimpahan relatif menggunakan rumus (Krebs 1989):

$$\text{IKR} = \frac{ni}{n} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IKR: indeks kelimpahan relatif; *ni*: jumlah individu suatu spesies; *n*: jumlah total individu yang ditemukan; Kategori (%): > 20 = tinggi; $15-20$ = sedang; < 15 = rendah.

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H').

Indeks keanekaragaman digunakan untuk mengetahui tingkat keanekaragaman spesies arthropoda di lokasi pengamatan, dihitung dengan rumus (Magurran 2004):

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i); P_i = \left(\frac{ni}{N}\right), \text{ dengan}$$

H': indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; *P_i*: proporsi jumlah individu jenis ke-*i* dengan jumlah total individu seluruh jenis; *N*: jumlah total individu seluruh jenis; *ni*: jumlah individu jenis ke-*i*; *ln*: logaritma natural; Kategori: $H' \leq 1$ = rendah; $1 < H' < 3$ = sedang; $H' \geq 3$ = tinggi.

Indeks kemerataan (E). Indeks kemerataan digunakan untuk mengetahui tingkat pemerataan individu antar spesies, dihitung dengan rumus (Magurran 2004):

$$E = \frac{H'}{\ln S} \times 100\%, \text{ dengan}$$

E: indeks kemerataan jenis; H': indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; Lm: logaritma natural; S: jumlah spesies; Kategori: $0 < E \leq 0,4$ = kecil, komunitas tertekan;

$0,4 < E \leq 0,6$ = sedang, komunitas labil; $0,6 < E \leq 1,0$ = tinggi, komunitas stabil.

Indeks dominansi (D). Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui spesies yang mendominasi dalam komunitas, dihitung dengan rumus (Magurran 2004):

$$D = \sum p_i^2, \text{ dengan}$$

D: indeks dominansi jenis; p_i : proporsi jumlah individu jenis ke- i dengan jumlah total individu seluruh jenis; Kategori: $0 < D \leq 0,5$ = rendah; $0,5 < D \leq 0,75$ = sedang; $0,75 < D < 1$ = tinggi.

Indeks kekayaan jenis (R)

Indeks kekayaan digunakan untuk mengetahui banyaknya spesies relatif terhadap jumlah individu, dihitung dengan rumus (Magurran 2004):

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

R: indeks kekayaan jenis; S: jumlah jenis; N: jumlah total individu seluruh jenis; Kategori: $R < 3,5$ = rendah; $R = 3,5 - 5,0$ = sedang; $R > 5,0$ = tinggi.

Indeks kesamaan jenis (S). Indeks kesamaan digunakan untuk mengetahui tingkat kesamaan spesies antar lokasi pengamatan, dihitung dengan rumus (Sorensen 1948):

$$S = \frac{2c}{a+b}, \text{ dengan}$$

S: indeks kesamaan jenis; a : jumlah spesies lokasi a ; b : jumlah spesies lokasi b ; c : jumlah spesies yang sama pada kedua lokasi; Kategori: $1-30$ = rendah; $31-60$ = sedang; $61-91$ = tinggi; $S > 90$ = sangat tinggi.

Efektivitas musuh alami parasitoid terhadap kutu putih, dilakukan perhitungan tingkat parasitasi parasitoid dengan rumus (Gunawan et al. 2021):

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P: tingkat parasitasi; n : jumlah kutu putih yang terparasit; N : jumlah total kutu putih yang diamati.

Analisis data

Analisis data dilakukan menggunakan Microsoft Excel 2021 untuk menghitung indeks ekologi, meliputi kelimpahan relatif (KR), keanekaragaman (H'), kemerataan (E), dominansi (D), kekayaan jenis (R), kesamaan jenis antar lokasi (S), serta tingkat parasitasi parasitoid terhadap kutu putih. Uji asumsi klasik

dilakukan dengan menguji normalitas dan homogenitas varians data. Data populasi arthropoda memiliki varians yang homogen, tetapi tidak berdistribusi normal sehingga dianalisis lebih lanjut menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$) untuk membandingkan perbedaan antara dua lokasi, yaitu Benteng dan Pasirlaya. Uji dilakukan menggunakan R Studio versi 4.4.3. Keputusan diambil berdasarkan nilai p-value: $p < 0,05$ menunjukkan perbedaan signifikan, $p > 0,05$ menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan, $p = 1$ menunjukkan distribusi yang sama persis antara lokasi.

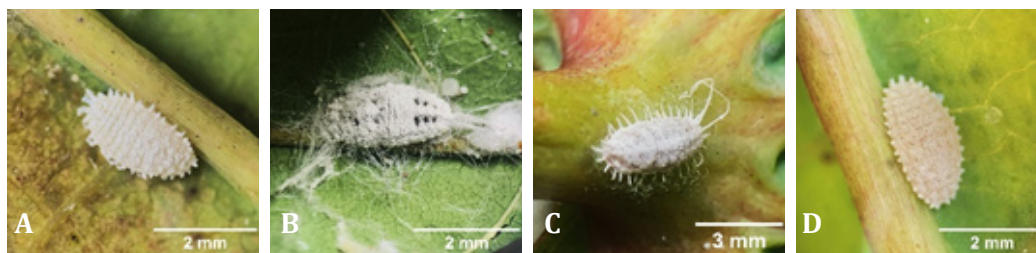
HASIL

Kelimpahan dan populasi kutu putih pada tanaman singkong

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan empat spesies kutu putih pada tanaman singkong, yaitu *Paracoccus marginatus*, *Ferrisia virgata* (Cockerell), *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Gimpel & Miller), dan *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Gambar 2). Spesies *Pa. marginatus* memiliki kelimpahan relatif tertinggi di kedua lokasi, dengan persentase sebesar 98,03% di Desa Benteng dan 62,48% di Desa Pasirlaya, hal ini menunjukkan bahwa spesies ini mendominasi pada kanopi tanaman singkong. kemudian, diikuti oleh *F. virgata* dengan persentase 1,59% di Desa Benteng dan 1,32% di Desa Pasirlaya. Selanjutnya *Ps. jackbeardsleyi* dengan persentase 0,39% di Desa Benteng dan 0,22% di Desa Pasirlaya. *Phenacoccus manihoti* tidak ditemukan di Desa Benteng, namun ditemukan di Desa Pasirlaya dengan persentase 35,98% (Gambar 3). Spesies *Ph. manihoti* menempati posisi kedua terbanyak setelah *Pa. marginatus* di Desa Pasirlaya.

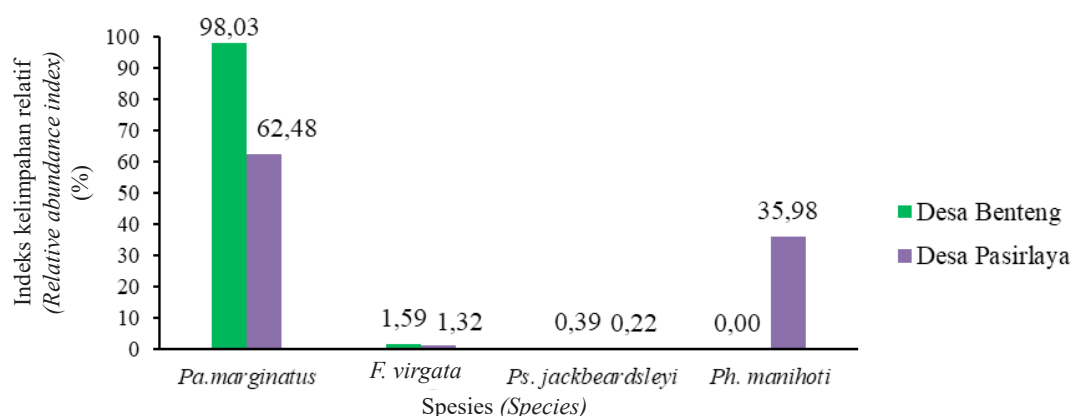
Kelimpahan dan komposisi musuh alami pada tanaman singkong

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga kelompok arthropoda predator dengan kelimpahan tertinggi yang ditemukan di kedua lokasi penelitian, yaitu *Theridion* sp. Famili Theridiidae, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant Famili Coccinellidae, dan *Neoseiulus longispinosus* Evans Famili Phytoseiidae. Di Desa Benteng, *Theridion* sp. paling dominan dengan persentase sebesar 21,78%, sedangkan di Desa Pasirlaya, *C. montrouzieri* mencapai 16,99%. Sementara itu, *N. longispinosus* menunjukkan distribusi yang relatif tinggi dan seimbang di kedua lokasi (15,35% di Benteng dan 34,47% di Pasirlaya). Kelompok parasitoid yang paling dominan di kedua lokasi berasal dari Famili Encyrtidae. Spesies *Acerophagus papayae* Noyes & Schauff merupakan parasitoid terbanyak yang



Gambar 2. Spesies kutu putih yang ditemukan pada tanaman singkong. A: *Paracoccus marginatus*; B: *Ferrisia virgata*; C: *Pseudococcus jackbeardsleyi*; dan D: *Phenacoccus manihoti*.

Figure 2. Species of mealybugs found on cassava plants. A: *Paracoccus marginatus*; B: *Ferrisia virgata*; C: *Pseudococcus jackbeardsleyi*; and D: *Phenacoccus manihoti*.



Gambar 3. Indeks kelimpahan relatif kutu putih yang ditemukan pada tanaman singkong.

Figure 3. Percentage abundance of mealybugs found on cassava plants.

ditemukan di Desa Benteng dengan persentase 2,97%, sedangkan di Desa Pasirlaya, parasitoid yang paling banyak ditemukan adalah *Anagyrus lopezi* De Santis dengan persentase 8,58% (Tabel 2).

Struktur komunitas kutu putih dan musuh alami

Hasil analisis struktur komunitas arthropoda pada kanopi tanaman singkong menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman di Desa Benteng sebesar 0,5 dan di Pasirlaya sebesar 1,1 (Gambar 4). Indeks keanekaragaman di Desa Benteng berkategori rendah ($H' \leq 1$), sedangkan di Pasirlaya berkategori sedang ($1 < H' < 3$). Indeks kemerataan di Desa Benteng sebesar 0,1 dan di Pasirlaya sebesar 0,3 (Gambar 4). Indeks kemerataan di Desa Benteng dan Pasirlaya berkategori kecil ($0 < E \leq 0,4$), namun indeks kemerataan di Pasirlaya lebih tinggi dibandingkan dengan Benteng. Indeks dominansi di Desa Benteng sebesar 0,8 dan di Pasirlaya sebesar 0,4 (Gambar 4). Indeks dominansi di Desa Benteng berkategori tinggi ($0,75 < D < 1$), sedangkan di Pasirlaya berkategori rendah ($0 < D \leq 0,5$). Indeks kekayaan di Desa Benteng sebesar 3,1 dan di Pasirlaya sebesar 3,9 (Gambar 4). Indeks kekayaan di Desa Benteng berkategori rendah ($R < 3,5$), sedangkan di Pasirlaya berkategori sedang ($R = 3,5-5,0$). Indeks

kesamaan antara lokasi Benteng dan Pasirlaya sebesar 78%. Indeks kesamaan antara dua lokasi ini berkategori tinggi ($S = 61-91\%$).

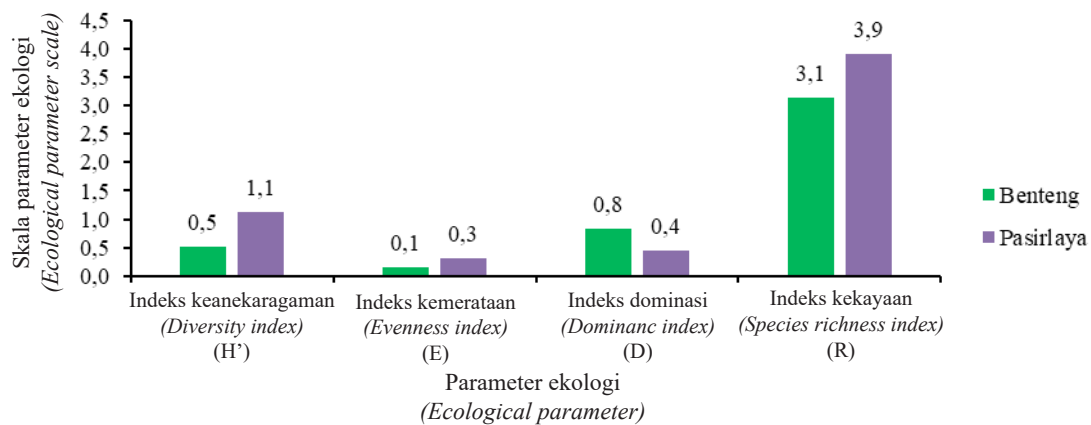
Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan dua bentuk interaksi dalam suatu struktur komunitas musuh alami yang berkaitan dengan kutu putih, yaitu interaksi antara kutu putih dan predator, serta interaksi antara kutu putih dan parasitoid (Gambar 5). Hasil pengamatan menunjukkan terdapat dua spesies parasitoid yang keluar dari tubuh kutu putih yang terparasit, yaitu *A. papayae* pada *Pa. marginatus* dan *A. lopezi* pada *Ph. manihoti*, kemudian terdapat tujuh spesies predator yang memangsa kutu putih *Pa. marginatus* dan *Ph. manihoti*, yaitu *C. montrouzieri*, *Plesiochrysa ramburi* (Schneider), *Scymnus* sp. 1, *Scymnus* sp. 2, *Sphaeroporia* sp., *Syrphidae* sp., dan *Theridion* sp.

Dalam suatu komunitas, terdapat interaksi antara parasitoid dan inangnya yang disebut parasitasi, dan dapat diukur melalui tingkat parasitisasi. Tingkat parasitisasi menggambarkan efektivitas parasitoid dalam menekan populasi hama. Pada penelitian ini, tingkat parasitisasi dianalisis berdasarkan hubungan antara *A. papayae* terhadap *Pa. marginatus* di Desa Benteng dan Pasirlaya (Gambar 6), serta *A. lopezi* terhadap *Ph. manihoti* di Desa Pasirlaya karena *A. lopezi*

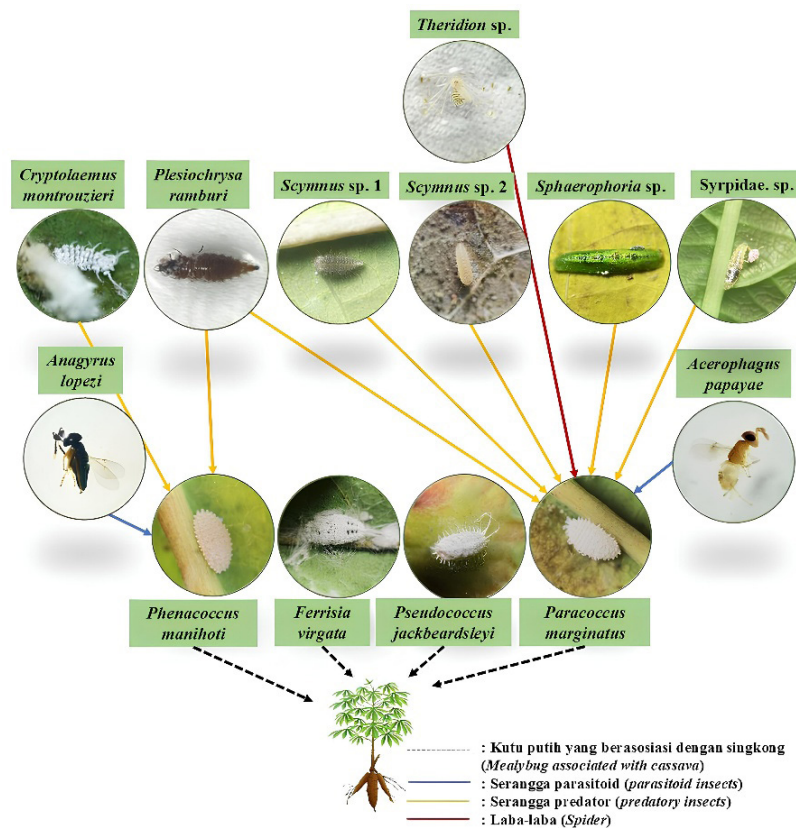
Tabel 2. Kelimpahan dan komposisi musuh alami pada tanaman singkong**Table 2.** Abundance and composition of natural enemies in cassava plants

Ordo (<i>Ordo</i>) Famili (<i>Famili</i>)	Morfospecies (<i>Morfospecies</i>)	Kelompok (<i>Group</i>)	Desa Benteng Kecamatan Ciampea		Desa Pasirlaya Kecamatan Sukaraja	
			Jumlah individu/ spesies (<i>Number of individual/ species</i>)	Kelimpahan (<i>Abundance</i>) (%)	Jumlah individu/ spesies (<i>Number of individual/ species</i>)	Kelimpahan (<i>Abundance</i>) (%)
Araneae						
Araneidae	<i>Araneus</i> sp.	AP	14	3,47	1	0,16
Tetragnathidae	<i>Tetragnatha guatemalensis</i>	AP	2	0,50	0	0,00
Anyphaenidae	<i>Oxyopes javanus</i>	AP	1	0,25	5	0,81
Theridiidae	<i>Theridion</i> sp.	AP	88	21,78	12	1,94
Scytodidae	<i>Scytodes</i> sp.	AP	5	1,24	1	0,16
Tetrablemmidae	<i>Tetrablemmidae</i> sp.	AP	8	1,98	2	0,32
Salticidae	<i>Salticidae</i> sp.	AP	12	2,97	0	0,00
Clubionidae	<i>Pristidia</i> sp.	AP	5	1,24	14	2,27
Coleoptera						
Coccinellidae	<i>Cryptolaemus. montrouzieri</i>	AP	27	6,68	105	16,99
Coccinellidae	<i>Oligotha</i> sp.	AP	0	0,00	1	0,16
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 1	AP	31	7,67	26	4,21
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 2	AP	13	3,22	17	2,75
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 3	AP	36	8,91	27	4,37
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 4	AP	6	1,49	9	1,46
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 5	AP	15	3,71	7	1,13
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 6	AP	9	2,23	3	0,49
Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp. 7	AP	5	1,24	6	0,97
Diptera						
Syrphidae	<i>Sphaerophoria</i> sp.	AP	18	4,46	0	0,00
Syrphidae	<i>Syrphidae</i> sp.	AP	24	5,94	21	3,40
Cecidomyiidae	<i>Feltiella acarisuga</i>	AP	3	0,74	8	1,29
Cecidomyiidae	<i>Cecidomyiidae</i>	AP	8	1,98	0	0,00
Neuroptera						
Chrysopidae	<i>Chrysopidae</i> sp.	AP	0	0,00	1	0,16
Chrysopidae	<i>Plesiochrysa ramburi</i>	AP	0	0,00	6	0,97
Acari						
Phytoseiidae	<i>Neoseiulus longispinosus</i>	AP	62	15,35	213	34,47
Hymenoptera						
Encyrtidae	<i>Acerophagus papayae</i>	Pa	12	2,97	17	2,75
Encyrtidae	<i>Anagyrus lopezi</i>	Pa	0	0,00	53	8,58
Encyrtidae	<i>Encyrtidae</i> sp. 1	Pa	0	0,00	1	0,16
Encyrtidae	<i>Encyrtidae</i> sp. 2	Pa	0	0,00	5	0,81
Encyrtidae	<i>Encyrtidae</i> sp. 3	Pa	0	0,00	1	0,16
Aphelinidae	<i>Prochiloneurus</i> sp.	Pa	0	0,00	34	5,50
Aphelinidae	<i>Aphelinidae</i> sp.	Pa	0	0,00	14	2,27
Eulophidae	<i>Elachertus</i> sp.	Pa	0	0,00	6	0,97
Platygastridae	<i>Platygaster</i> sp.	Pa	0	0,00	1	0,16
Diptera						
Phoridae	<i>Phoridae</i> sp.	Pa	0	0,00	1	0,16

AP: arthropoda predator (*predator arthropoda*); Pa: parasitoid.



Gambar 4. Indeks ekologi Desa Benteng dan Pasirlaya.
Figure 4. Ecological index of Benteng and Pasirlaya Villages.

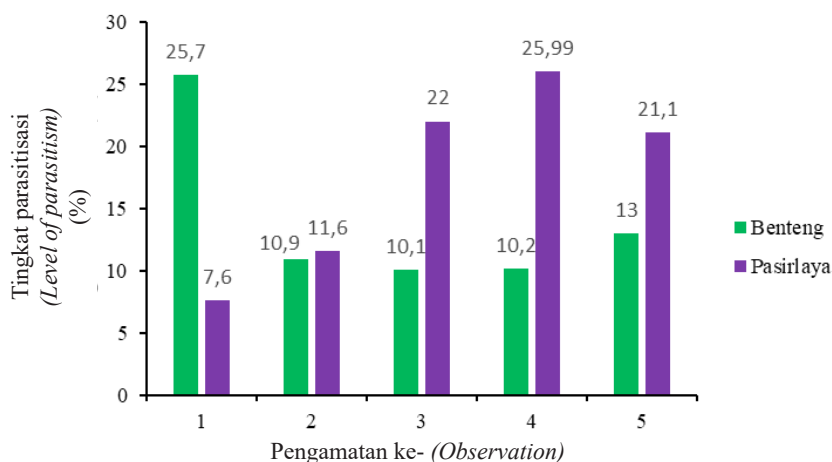


Gambar 5. Interaksi struktur komunitas musuh alami yang berasosiasi pada kutu putih singkong.
Figure 5. Interaction of natural enemy community structure associated with cassava mealybugs.

tidak ditemukan di Benteng (Gambar 7). Parasitoid *A. papayae* terhadap *Pa. marginatus* di Desa Benteng dan Pasirlaya menunjukkan bahwa nilai tingkat parasitisasi di lokasi benteng cenderung fluktuatif dengan nilai tertinggi pada pengamatan ke-1 (25,7%) dan terendah pada pengamatan ke-3 (10,1%), sedangkan tingkat parasitisasi di Pasirlaya terlihat meningkat dan konsistensi yang lebih baik, dengan parasitisasi tertinggi pada pengamatan ke-4 (25,99%) dan tidak pernah turun di bawah 7,6%. Parasitoid *A. lopezi* terhadap *Ph. manihoti* di Desa Pasirlaya menunjukkan

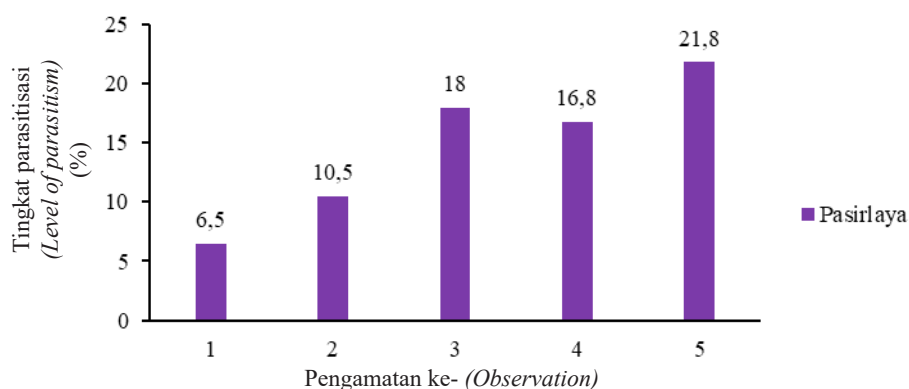
peningkatan secara umum dari pengamatan ke-1 hingga ke-5. Parasitisasi awalnya rendah (6,5%) dan mengalami peningkatan yang cukup konsisten, dengan puncaknya di pengamatan ke-5 (21,8%).

Populasi arthropoda antara dua lokasi pengamatan, yaitu Desa Benteng dan Desa Pasirlaya berdasarkan uji Mann-Whitney dengan taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai $P = 1$ (Gambar 8), yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan populasi arthropoda yang signifikan antara Desa Benteng dan Desa Pasirlaya.



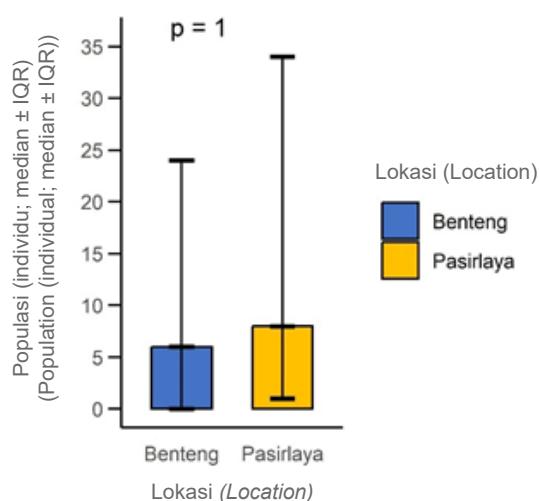
Gambar 6. Tingkat parasitisasi parasitoid *Acerophagus papayae* pada *Paracoccus marginatus*.

Figure 6. Parasitization level of parasitoid *Acerophagus papayae* on *Paracoccus marginatus*.



Gambar 7. Tingkat parasitisasi parasitoid *Anagyrus lopezi* pada *Phenacoccus manihoti*.

Figure 7. Parasitization level of parasitoid *Anagyrus lopezi* on *Phenacoccus manihoti*.



Gambar 8. Perbandingan populasi (individu) arthropoda pada lokasi Benteng dan Pasirlaya (Uji Mann-Whitney taraf signifikansi 5%).

Figure 8. Comparison of arthropod populations (individual) at Benteng and Pasirlaya locations (Mann-Whitney test, 5% significance level).

PEMBAHASAN

Spesies *Pa. marginatus* merupakan spesies kutu putih paling dominan pada tanaman singkong di kedua lokasi penelitian, terutama di Desa Benteng. Dominansi ini didukung oleh sifat polifag, kemampuan adaptasi tinggi, serta reproduksi yang fleksibel, baik secara partenogenesis maupun produksi telur dalam jumlah besar (± 420 butir/individu), dengan siklus hidup relatif panjang (32–38 hari) (Yadav et al. 2025; Zhao et al. 2024; Namadara et al. 2025). Iklim tropis di Indonesia juga mendukung perkembangan populasinya (Zhao et al. 2024). Hal ini sejalan dengan laporan Wyckhuys (2019) yang menyebutkan *Pa. marginatus* sebagai spesies invasif yang berkembang pesat di Asia. Sebaliknya, *Ph. manihoti* hanya ditemukan di Desa Pasirlaya. Distribusi terbatas ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan (suhu, kelembapan, dan ketinggian) serta sifat inang-spesifiknya yang hanya menyerang tanaman singkong (Rattanawanee & Chongrattanameteekul 2016; Huang et al. 2024; Abdulchalek et al. 2017). Variasi dominansi antar lokasi juga dipengaruhi oleh musuh

alami. Parasitoid *A. papayae* efektif menyerang *Pa. marginatus*, sedangkan *A. lopezi* spesifik menyerang *Ph. manihoti* (Tairas et al. 2015; Fanani et al. 2023b; Fanani et al. 2024b). Praktik budi daya turut berperan dalam keberadaan kutu putih, varietas singkong Manggu di Pasirlaya yang mengandung HCN tinggi lebih disukai oleh *Ph. manihoti* dibandingkan dengan varietas Darul Hidayah di Benteng (Wardani 2015). Dengan demikian, dominansi kutu putih dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara biologi spesies, kondisi lingkungan, musuh alami, dan varietas tanaman.

Musuh alami yang ditemukan terdiri atas dua kelompok utama, yaitu predator dan parasitoid. Keberadaannya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tanaman sekitar, dan praktik budi daya, seperti sistem monokultur yang diterapkan di Desa Benteng dan Pasirlaya. Sistem ini cenderung meningkatkan populasi hama sehingga mendorong peningkatan musuh alami, seperti laba-laba, serangga predator, dan parasitoid. Predator *C. montrouzieri* banyak ditemukan sebagai pemangsa kutu putih dan dikenal efektif dalam pengendalian hayati (Fanani et al. 2023a; Fanani et al. 2024b). Predator *N. longispinosus* juga melimpah di kedua lokasi, mencerminkan kesesuaian kondisi lingkungan untuk perkembangannya. Predator ini efektif memangsa tungau dan serangga kecil (Hadi et al. 2019; Putri et al. 2021), dengan kelimpahannya dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan struktur tajuk tanaman (Taradipha et al. 2019; Budiaman et al. 2021). Dua parasitoid utama yang ditemukan, yaitu *A. papayae*, efektif terhadap *Pa. marginatus*, dan *A. lopezi*, yang telah berhasil mengendalikan *Ph. manihoti* di berbagai wilayah tropis (Adriani et al. 2020; Le et al. 2023). Selain sistem monokultur, rotasi tanaman juga memengaruhi kelimpahan serangga. Desa Benteng menerapkan rotasi tanaman, sedangkan Pasirlaya tidak. Rotasi tanaman terbukti dapat memutus siklus hidup hama dan menciptakan ekosistem yang lebih stabil (Ervianna et al. 2019). Predator *Sphaerophoria* sp. hanya ditemukan di Desa Benteng, hal ini berkaitan dengan keberadaan tanaman kacang panjang di sekitar lokasi tersebut (Ruswandi, 2003). Lalat syrphid dari Genus *Sphaerophoria* dikenal sebagai salah satu predator alami yang efektif dalam mengendalikan populasi kutu daun pada tanaman (Riddick 2022). Spesies ini memiliki peran ekologis yang berbeda pada setiap stadia kehidupannya, larvanya berperan sebagai predator kutu daun, sedangkan imagonya berfungsi sebagai serangga penyerbuk (Dunn et al. 2020). Tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata*) diketahui memiliki bunga yang menyediakan sumber nektar dan polen sehingga mampu menarik serangga

penyerbuk, termasuk yang berasal dari Famili Syrphidae (Widhiono 2015). Sementara itu, *P. ramburi* ditemukan di Pasirlaya, namun dengan populasi rendah, hal ini berkaitan dengan minimnya ketersediaan mangsa dan curah hujan tinggi yang dapat menekan populasi hama dan musuh alami (Jasrotia et al. 2023).

Analisis struktur komunitas arthropoda menunjukkan perbedaan yang jelas antara Desa Benteng dan Pasirlaya. Indeks keanekaragaman (H') dan kemerataan (E) di Pasirlaya lebih tinggi, menunjukkan komunitas yang lebih beragam dan sebaran individu yang lebih merata, mencerminkan ekosistem yang lebih stabil (Magurran 2004). Sebaliknya, indeks dominansi (D) di Benteng lebih tinggi karena dominasi *Pa. marginatus*, yang juga terkait dengan rendahnya keanekaragaman di lokasi tersebut. Indeks kekayaan spesies (R) di Pasirlaya juga lebih tinggi, mengindikasikan lebih banyak jenis arthropoda. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh vegetasi sekitar yang lebih beragam dan tidak diterapkannya rotasi tanaman, yang menyediakan habitat alternatif bagi arthropoda (Ervianna et al. 2019). Indeks kesamaan antara kedua lokasi menunjukkan tingkat kemiripan komunitas yang tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh kesamaan praktik budi daya (monokultur), vegetasi sekitar (seperti tanaman pisang), dan kondisi lingkungan mikro yang relatif serupa, seperti ketinggian tempat. Menurut Odum (1993), kemiripan komunitas mencerminkan kestabilan lingkungan antarhabitat.

Struktur komunitas di kedua lokasi menunjukkan adanya interaksi trofik antara kutu putih dan musuh alaminya, berupa parasitisme dan predasi (Gambar 5). Spesies *Pa. marginatus* menjadi target utama, terlihat dari tingginya keberagaman musuh alami yang menyerangnya. Jumlah predator yang lebih banyak dibandingkan parasitoid mengindikasikan bahwa pengendalian alami lebih didominasi oleh peran predator. Predator cenderung lebih efektif karena memangsa langsung dan tidak memerlukan siklus hidup seperti parasitoid (Riechert & Lockey 1984; Symondson et al. 2002). Perbedaan tingkat parasitisasi *A. papayae* pada *Pa. marginatus* dan *A. lopezi* pada *Ph. manihoti* antara lokasi Benteng dan Pasirlaya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan ketinggian, serta ketersediaan inang (Resiani & Sunanjaya 2016; Alawiyah et al. 2023). Rendahnya parasitisasi terjadi akibat terbatasnya populasi inang karena keberhasilan parasitoid sangat tergantung pada keberadaan inangnya (Junaedi et al. 2016). Tingkat parasitisasi *A. lopezi* hanya ditemukan di Pasirlaya karena *Ph. manihoti* tidak ditemukan di Benteng. Konsistensi parasitisasi *A. papayae* yang tinggi

di Pasirlaya menunjukkan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitasnya sebagai agens pengendali hayati, dengan parasitisasi mencapai 9–16% (Fanani et al. 2024). Peningkatan populasi *A. lopezi* pada *Ph. manihoti* mengindikasikan kemampuannya beradaptasi secara bertahap. Efektivitasnya sebagai agens pengendali telah dibuktikan dalam berbagai studi, dengan tingkat parasitisasi mencapai 59%, yang berdampak signifikan dalam menekan populasi *Ph. manihoti* dan meningkatkan produksi singkong (Fanani et al. 2019). Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan ($p = 1$) pada populasi arthropoda antara Desa Benteng dan Pasirlaya (Gambar 8). Kesamaan ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang serupa, seperti suhu, kelembapan, ketinggian, dan ketersediaan inang, serta penerapan sistem tanam monokultur di kedua lokasi. Menurut Kusdini (2021), arthropoda cenderung berkembang di lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan hidupnya sehingga pola distribusinya relatif seragam.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan hama pada tanaman singkong sebaiknya dilakukan dengan pendekatan ekologi, seperti memanfaatkan musuh alami, meningkatkan keberagaman vegetasi, dan mengelola habitat secara berkelanjutan. Temuan tentang peran penting predator dan parasitoid menunjukkan bahwa pengendalian hayati memiliki potensi besar untuk diterapkan. Oleh karena itu, strategi pengendalian hama terpadu (PHT) yang mempertimbangkan kondisi lingkungan lokal, keanekaragaman tanaman, dan konservasi musuh alami menjadi langkah penting untuk mendukung kestabilan ekosistem serta efektivitas pengendalian hama di lapangan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat spesies kutu putih yang ditemukan di lokasi penelitian, yaitu *Pa. marginatus*, *F. virgata*, *Ps. jackbeardsleyi*, dan *Ph. manihoti*. Spesies kutu putih yang paling banyak ditemukan adalah *Pa. marginatus* dan *Ph. manihoti*, sedangkan musuh alami yang paling banyak ditemukan adalah dari kelompok predator, yaitu *Theridion* sp. dan *C. montrouzieri*. Predator yang ditemukan berasosiasi dengan *Pa. marginatus* dan *Ph. manihoti*, sedangkan parasitoid memiliki inang yang spesifik, yaitu *A. lopezi* pada *Ph. manihoti* dan *A. papayae* pada *Pa. marginatus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulchalek B, Rauf A, Pudjianto. 2017. Kutu putih singkong, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae): persebaran geografi di Pulau Jawa dan rintisan pengendalian hayati. *Jurnal HPT Tropika*. 17:1–8. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.1171-8>.
- Adriani E, Rauf A, Pudjianto. 2020. Influence of host stage on oviposition, development, and sex ratio of *Anagyrus lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile-ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). *Jurnal HPT Tropika*. 2:130–139. DOI: <https://doi.org/10.23960/jhptt.220130-139>.
- Alawiyah ST, Ratna Y, Wilia W. 2023. Jenis dan tingkat parasitasi parasitoid larva *Plutella xylostella* L. pada tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Media Pertanian*. 8:1–8.
- Budiaman A, Haneda NF, Lumbantobing SNI. 2021. Short-term impact of thinning of mixed forest on the diversity of flying insects in forest management unit of Banten. *Jurnal Sylva Lestari*. 9:138–150. DOI: <https://doi.org/10.23960/jsl19138-150>.
- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2024. Data Online BMKG Stasiun Meteorologi Citeko. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kabupaten Bogor Jawa Barat.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Produktivitas Ubi Kayu 2014–2015. Indonesia. Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Tanaman Padi dan Palawija Jawa Barat 2011–2015. Bogor: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Produktivitas Palawija Menurut Kecamatan (Kuintal/Hektar). 2020. Bogor. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor.
- Dunn L, Lequerica M, Reid CR, Latty T. 2020. Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. *Pest Management Science*. 76:1973–1979. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5807>.
- Ervianna AR, Hadi M, Rahadian R. 2019. Kelimpahan dan keragaman serangga OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) dan musuh alaminya pada tanaman jagung dan padi dengan sistem rotasi tanaman. *Bioma*. 21:35–46. DOI: <https://doi.org/10.14710/bioma.21.1.35-46>.
- Fanani MZ, Rauf A, Maryana N, Nurmansyah A, Hindayana D. 2019. Geographic distribution of the invasivemealybug *Phenacoccus manihoti* and its introduced parasitoid *Anagyrus lopezi* in parts of Indonesia. *BIODIVERSITAS*. 20:3751–3757. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201238>.
- Fanani MZ, Rauf A, Maryana N, Nurmansyah A, Hindayana D. 2023a. Interferensi kehadiran predator terhadap keefektifan parasitoid *Anagyrus lopezi* De Santis (Hymenoptera: Encyrtidae). *Jurnal Agronida*. 9:8–17. DOI: <https://doi.org/10.30997/jag.v9i1.7172>.
- Fanani MZ, Rauf A, Maryana N, Nurmansyah A, Hindayana D, Rochman N. 2023b. Functional response of endoparasitic wasp, *Anagyrus lopezi* on cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* by parasitism and host-feeding. *Journal of Engineering Science and Technology*. 18:129–136.
- Fanani MZ, Rauf A, Maryana N, Nurmansyah A, Hindayana D. 2024a. Dinamika populasi kutu putih *Paracoccus marginatus* Williams dan Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) dan musuh alaminya pada tanaman

- singkong. *Jurnal Agronida*. 10:27–38. DOI: <https://doi.org/10.30997/jag.v10i1.12629>.
- Fanani MZ, Rauf A, Maryana N, Nurmansyah A, Hindayana D, Rahayu A, Roestamy M. 2024b. Suppression of the cassava mealybug populations, *Phenacoccus manihoti* (Hemiptera: Pseudococcidae) by natural enemies. *ASEAN Journal of Science and Engineering*. 4:317–330. DOI: <https://doi.org/10.17509/ajse.v4i2.72573>.
- Goulet H, Huber JT. 1993. *Hymenoptera of the World: an Identification Guide to Families*. Canada: Canada Communication Group.
- Grissell EE, Schauff ME. 1990. *A handbook of The Families of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)*. Washington: The Entomological society of Washington.
- Gunawan, Yunus M, Pasaru F. 2021. Eksplorasi parasitoid dan tingkat parasitasi nya pada larva- pupa *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) di sentra pertanian kubis (*Brassica oleracea* L.) Di Sulawesi Tengah. *e-J. Agrotekbis*. 9:1056–1065.
- Gurr GM, Wratten SD, Landis DA, You M. 2017. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*. 62:91–109. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>.
- Gutierrez DR, Lia M, Scheu S, Drescher J. 2019. *A Guide to the Spiders of Jambi (Sumatra, Indonesia)*. Jambi: Efforts.
- Hadi S, Sarjan M, Tarmizi. 2019. Uji predasi tungau predator (*Neoseiulus longispinosus*) terhadap tungau hama (*Tetranychus* sp.) yang berasosiasi pada ekosistem tanaman kentang (*Solanum tuberosum* Linn). *Crop Agro, Scientific Journal of Agronomy*. 12:151–163. DOI: <https://doi.org/10.29303/caj.v12i2.245>.
- Hasyim A, Setiawati W, Lukman L. 2015. Inovasi teknologi pengendalian opt ramah lingkungan pada cabai: upaya alternatif menuju ekosistem harmonis. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 8:1–10.
- Handayani IS, Dadang, Nurmansyah A. 2019. Perbedaan pola tanam dan kriteria aplikasi insektisida memengaruhi keanekaragaman arthropoda tanah pada pertanian kubis (*Brassica oleracea*). *Jurnal Entomologi Indonesia*. 16:163–170. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.16.3.163>.
- Hariyanto H, Nurchayati N, Sufajari A, Kurni TID. 2020. Identifikasi keanekaragaman hama kutu putih (mealybug) pada tanaman singkong di Kecamatan Wongsorejo dan Kalipuro. *Biosense*. 3:1–15. DOI: <https://doi.org/10.36526/biosense.v3i1.970>.
- Huang Y, Li T, Chen W, Zhang Y, Xu Y, Guo T, Wang S, Liu J, Qin Y. 2024. Analysis of the distribution pattern of *Phenacoccus manihoti* in China under climate change based on the biomed2 model. *Biologi*. 15:1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology13070538>.
- Jasrotia P, Kumari P, Malik K, Kashyap PL, Kumar S, Bhardwaj AK, Singh GP. 2023. Conservation agriculture based on crop management practices impact diversity and population dynamics of the insect-pests and their natural enemies in agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 7:1173048. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1173048>.
- Junaedi E, Yunus M, Hasriyanty. 2016. Jenis dan tingkat parasitasi parasitoid telur penggerek batang padi putih (*Scirpophaga nnotata* Walker) pada pertanaman padi (*Oryza sativa* L.) di dua ketinggian tempat berbeda di kabupaten sigi. *e-J. Agrotekbis*. 4:280–287.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2023. *Analisis Kinerja Perdagangan Ubi Kayu*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Krebs CJ. 1989. *Ecological Methodology*. New York: Harper and Row Publishers.
- Kusdini. 2021. *Identifikasi Sarang Alami Semut pada Kondisi Lokasi Persawahan yang Berbeda*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Le KH, Tran THD, Tran DH, Nguyen TD, Doan CV. 2023. Parasitoid wasp *Acerophagus papayae*: a promising solution for the control of papaya mealybug *Paracoccus marginatus* in cassava fields in vietnam. *Insect*. 14:528. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14060528>.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd: USA.
- Maharani Y, Rauf A, Sartiami D, Anwar R. 2016. Biologi dan neraca hayati kutu putih pepaya *Paracoccus marginatus* Williams dan Granara De Willink (Hemiptera: Pseudo-coccidae) pada tiga jenis tumbuhan inang. *Jurnal HPT Tropika*. 16:1–9. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.1161-9>.
- Namadara S, Uthandi S, Rangasamy A, Malaichamy K, Venkatesan M, Narayanan MB, Murugaiyan S. 2025. Comprehensive review of the microbial approach to Mealybug management. *Internasional Journal of Tropical Insect Science*. 45:465–486. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-025-01452-4>.
- New TR. 1991. *The Insects of Australia*. Melbourne: Melbourne University Press.
- Noyes JS, Hayat M. 1984. *A Review of the Genera of Indo-Pacific Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. London: Entomology Series.
- Nurmasari F. 2020. Identifikasi keanekaragaman dan pola sebaranhamakutuputihdanmusuhalaminyapadatanaman singkong (*Manihot esculenta*) di kabupaten banyuwangi. *Journal of Tropical Biology*. 8:171–177. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2020.008.03.05>.
- Odum EP. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Samingan T, penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Putri NK, Nurmansyah A, Santoso S. 2021. Kepadatan populasi dan waktu efektif pelepasan tungau predator *Neoseiulus longispinosus* Evans untuk pengendalian *Tetranychus kanzawai* Kishida. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 18:207–215. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.18.3.207>.
- Rattanawanee A, Chongrattanamateekul W. 2016. Genetic variation of cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hemiptera: Pseudococcidae), based on DNA Sequences from mitochondrial and nuclear Genes. *Walailak Journal of Science and Technology*. 13:13–23. DOI: <https://doi.org/10.14456/WJST.2016.13>.
- Resiani NMD, Sunanjaya IW. 2016. Tingkat parasitasi parasitoid telur pbpk pada pertanaman padi dengan beberapa ketinggian tempat berbeda. *Informatika Pertanian*. 25:99–106. DOI: <https://doi.org/10.21082/ip.v25n1.2016.p99-106>.
- Retno S. 2020. *Outlook Ubi Kayu*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.

- Riddick EW. 2022. Topical collection: natural enemies and biological control of plant pests. *Insects*. 13:421. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13050421>.
- Riechert SE, Lockley T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*. 29:299–320. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001503>.
- Ruswandi M. 2003. *Inventarisasi Syrphidae Predator Kutu Daun pada Agroekosistem Jagung, Kacang Panjang, dan Talas di Wilayah Darmaga Kabupaten Bogor*. Skripsi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Sidarlin, Swibawa IG, Hariri AM, Susilo FX. 2020. Tingkat serangan dan populasi hama kutu putih pada beberapa pertanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8:375–381. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v8i2.3912>.
- Sorensen T. 1948. *A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons*. Copenhagen: Munksgaard.
- Spriggs AHK, Sinclair BJ. 2021. *Manual of Afrotropical Diptera* Volume 3. Pretoria: Sanbi.
- Susila IW, Sumiarta IK, Supartha IW. 2019. The community structure of parasitoid associated with the cassava mealybugs on cassava crop in Bali Province. *Internasional Journal of life Sciences*. 3:53–61. DOI: <https://doi.org/10.29332/ijls.v3n3.372>.
- Symondson WOC, Sunderland KD, Greenstone MH. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents?. *Annual Review of Entomology*. 47:561–594.
- Tairas RW, Tulung M, Pelealu J. 2015. Musuh alami kutu putih *Paracoccus marginatus* Williams dan Granara de Willink, (Hemiptera: Pseudococcidae) pada tanaman pepaya di Minahasa utara. *Eugenia*. 21:62–69. DOI: <https://doi.org/10.35791/eug.21.2.2015.9705>.
- Taradipha MRR, Rushayati SB, Haneda NF. 2019. Karakteristik lingkungan terhadap komunitas serangga. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 9: 394–404. DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.394-404>.
- Wardani N. 2015. *Kutu Putih Ubi Kayu Phenacoccus manihoti Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae), Hama Invasif Baru di Indonesia*. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Williams DJ, Willink MCGD. 1992. *Mealybugs of Central and South America*. University of Wisconsin – Madison: CAB Internasional.
- Widhiono I. 2015. *Strategi Konservasi Serangga Polinator*. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Wyckhuys KAG. 2019. Cassava mealybug biological control delivers multi-faceted societal benefits. *Comptes Rendus Biologies*. 342:263–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2019.09.016>.
- Yadav S, Patel S, Kithulgoda S, Brown H, Thistleton B. 2025. Genetic insights into the first detection of *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Australia. *Journal of Insect Science*. 25:1–10. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae118>.
- Zhao Q, Li H, Chen C, Fan S, Wei J, Cai Bo, Zhang H. 2024. Potential global distribution of *Pa. marginatus*, under climate change conditions, Using MaxEnt. *Insect*. 15:98. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15020098>.