Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Planthopper Community Composition in Rice Fields Treated with *Arnica montana* Biopesticide

R. Rafi Rizqulloh[1*], Siti Latifatus Siriyah[1], Miftakhul Bakhrir Rozaq Khamid[1], Syifa Shofiyah[1], Tantiha Suhartati[1], Rivaldo Arjuna Muhammad[1], Gilang Panji Kusuma[3], Ikhsan Guswenrivo[2], Daouia Messaoudi[4]

[1]Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Singaperbangsa Karawang, Indonesia;

[2]Research Center for Applied Zoology, National Research and Innovation Agency (BRIN), Bogor, Indonesia;

[3]PT Harmoni Sains Teknologi, Bogor, Indonesia;

[4]Groupe Berkem, France;

Article History

Received : October 19th, 2026

Revised : October 27th, 2026

Accepted : November 26th, 2026

*Corresponding Author: **R. Rafi Rizqulloh,** Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia;
Email: Rafirizqulloh93@gmail.com

Abstract: The brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) and green leafhopper (*Nephotettix virescens*) are major rice (*Oryza sativa* L.) pests, and their control relies heavily on synthetic insecticides, which risk resistance and harm non-target organisms. This study evaluated the effect of *Arnica montana* biopesticide concentrations on planthopper community composition. A randomized complete block design with six treatments (untreated control, fungicide positive control, and *A. montana* at 0.075%, 0.15%, 0.30%, and 0.45%) and five replications was conducted in Karawang, West Java. Insects were sampled with yellow sticky traps, pitfall traps, and sweep nets (7–70 days after planting), identified to genus, and analyzed by Principal Component Analysis (PCA) and Analysis of Similarity (ANOSIM) using Bray–Curtis dissimilarity. *Nephotettix* and *Nilaparvata* were the dominant genera, *Recilia* was relatively stable, and *Sogatella* was the least abundant. The first two principal components explained 89.40% of the variation, with most plots overlapping among treatments and no clear concentration gradient. ANOSIM indicated an overall difference among treatments ($R = 0.296$; $p = 0.001$), although the low R value indicates high community similarity. *A. montana* may influence planthopper community composition without a clear concentration gradient, possibly through antifeedant and repellent effects; wider concentration ranges and effects on natural enemies warrant further research.

Keywords: ANOSIM; *Arnica montana;* Biopesticide; PCA; Planthopper community.

Pendahuluan

Wereng merupakan salah satu hama utama yang menjadi ancaman serius pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) di Indonesia. Wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) dapat menyebabkan kegagalan panen dalam waktu singkat karena hama ini hanya menyerang tanaman padi, memiliki kemampuan berkembang biak yang tinggi, serta dapat berpindah dalam jarak jauh (Chaerani, 2017). Mekanisme kerusakannya berlangsung melalui aktivitas pengisapan cairan batang tanaman yang pada serangan berat menimbulkan gejala khas berupa *hopperburn* (Iswanto et al., 2016). Selain wereng batang coklat, wereng hijau (*Nephotettix virescens*) juga menjadi hama penting pada tanaman padi karena berperan sebagai vektor penyakit tungro. Penularan virus tungro oleh wereng hijau dapat menyebabkan tanaman mengalami klorosis,

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

pertumbuhan terhambat, berkurangnya jumlah anakan produktif, serta menurunkan hasil panen padi (Rahardjo et al., 2021)

Pengendalian wereng pada tanaman padi hingga saat ini masih banyak mengandalkan penggunaan insektisida sintetis karena mampu menekan populasi hama dengan cepat. Namun, penggunaan insektisida secara terus menerus dapat menimbulkan berbagai permasalahan dalam pengelolaan. Frekuensi penyemprotan yang tinggi, penggunaan dosis yang berlebihan, serta penggunaan bahan aktif yang sama secara berulang dapat mempercepat perkembangan resistensi pada wereng (Iswanto et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan insektisida sintetis.

Salah satu alternatifnya adalah penggunaan biopestisida berbahan nabati. Biopestisida nabati mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang dapat berperan sebagai racun kontak, racun perut, *antifeedant*, maupun repelen terhadap serangga hama (Tampubolon et al., 2018). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tumbuhan memiliki potensi dalam menekan populasi wereng batang coklat. Insektisida nabati berbahan kamandrah (*Croton tiglium*) dan akar tuba (*Derris elliptica*), misalnya, dilaporkan meningkatkan mortalitas wereng batang coklat dan berpotensi menjadi komponen pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dibandingkan insektisida sintetis (Kardinan et al., 2020)

Arnica montana L. berpotensi dikembangkan sebagai bahan biopestisida. Tanaman ini diketahui kaya akan berbagai senyawa bioaktif golongan terpenoid, seperti seskuiterpen lakton helenalin dan dihidrohelenalin, monoterpen limonene dan α-phellandrene, serta triterpen arnidiol dan faradiol (Leoni et al., 2021). Senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas biologis yang berpotensi memengaruhi serangga, sehingga berpeluang dimanfaatkan sebagai bahan aktif pengendali hama yang lebih ramah lingkungan.

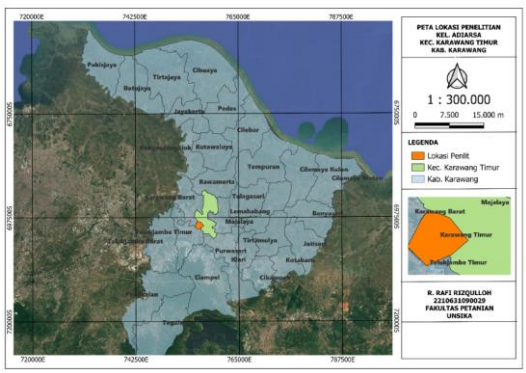
Informasi mengenai pengaruh biopestisida terhadap komposisi komunitas serangga, khususnya wereng pada padi masih relatif terbatas. Penggunaan insektisida diketahui berkorelasi dengan perubahan struktur komunitas artropoda serta menurunkan keragaman taksonomi dan fungsional pada agroekosistem padi (Dewina & Choesin, 2024). Selain itu, penggunaan pestisida juga dapat memengaruhi komposisi komunitas organisme non-target yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian (Elhamalawy et al., 2024).

Karena komunitas tersusun atas banyak taksa dengan kelimpahannya masing-masing, analisis komposisi komunitas secara multivariat dapat mengungkap respons terhadap perlakuan yang tidak terlihat jika hanya melihat data kelimpahan (Avolio et al., 2022). Penelitian pada agroekosistem padi menunjukkan bahwa perbedaan sistem pengelolaan lahan dapat menghasilkan komposisi komunitas artropoda yang berbeda meskipun kelimpahan total organisme tidak selalu berubah secara nyata (Dewina & Choesin, 2024). Oleh karena itu, pendekatan komunitas menjadi penting untuk memahami dinamika komunitas wereng pada pertanaman padi. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai konsentrasi biopestisida *Arnica montana* terhadap komposisi komunitas wereng pada tanaman padi.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan sawah padi yang berlokasi di Kelurahan Adiarsa Timur, Kecamatan Karawang Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat pada bulan Desember 2025-Maret 2026.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas enam perlakuan dan lima ulangan sehingga diperoleh 30 petak percobaan berukuran 3 × 3 m. Perlakuan yang diuji meliputi kontrol tanpa pestisida (A), kontrol positif menggunakan fungisida metil tiofanat (B), serta aplikasi pestisida nabati *Arnica montana* dengan konsentrasi 0,075% (F), 0,15% (E), 0,30% (C), dan 0,45% (D). Aplikasi perlakuan diberikan sebanyak 9 kali dimulai saat tanaman padi berusia 10 hst hingga 63 hst dengan interval 7 hari sekali. Seluruh perlakuan diaplikasikan sebanyak 500ml untuk setiap petak perlakuan sesuai dengan konsentrasi yang telah ditetapkan.

Persiapan Lahan

Lahan yang digunakan berukuran 316 m2 (20 mx 16 m). Jumlah keseluruhan petak percobaan berdasarkan enam jenis perlakuan dengan masing-masing lima ulangan adalah 30 petak percobaan. Setiap petak percobaan mempunyai ukuran $9m^2$ (3 x 3 m). Jarak antar petak 25 cm dengan jarak tanam (25 x 25 cm).

Pengambilan sampel

Sampel diambil dari 3 jenis trap yang dipasang (*Yellow Sticky Trap*, *Pintfal Trap*, *Sweep Net*) pada lahan penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dengan interval 7 hari sekali dimulai dari tanaman berusia 7 hst hingga 70 hst. Serangga yang tertangkap kemudian dihitung jumlahnya serta diidentifikasi jenisnya.

Metode analisis

Data wereng yang diperoleh selama pengamatan diidentifikasi hingga tingkat genus dan diakumulasikan pada setiap petak pengamatan. Data kelimpahan genus kemudian ditransformasi menggunakan metode Hellinger untuk mengurangi pengaruh nilai nol dan perbedaan skala antar genus. Komposisi komunitas wereng dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mereduksi dimensi data sehingga pola kemiripan antar petak serta hubungan antar genus wereng dapat divisualisasikan. Selanjutnya, perbedaan komposisi komunitas wereng antar perlakuan diuji menggunakan *Analysis of Similarity* (ANOSIM) berdasarkan matriks ketidak miripan Bray–Curtis dengan 9.999 permutasi pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Seluruh analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak melalui R-Studio dengan bantuan paket *vegan*, *readxl*, dan *ggplot2*

Hasil dan Pembahasan

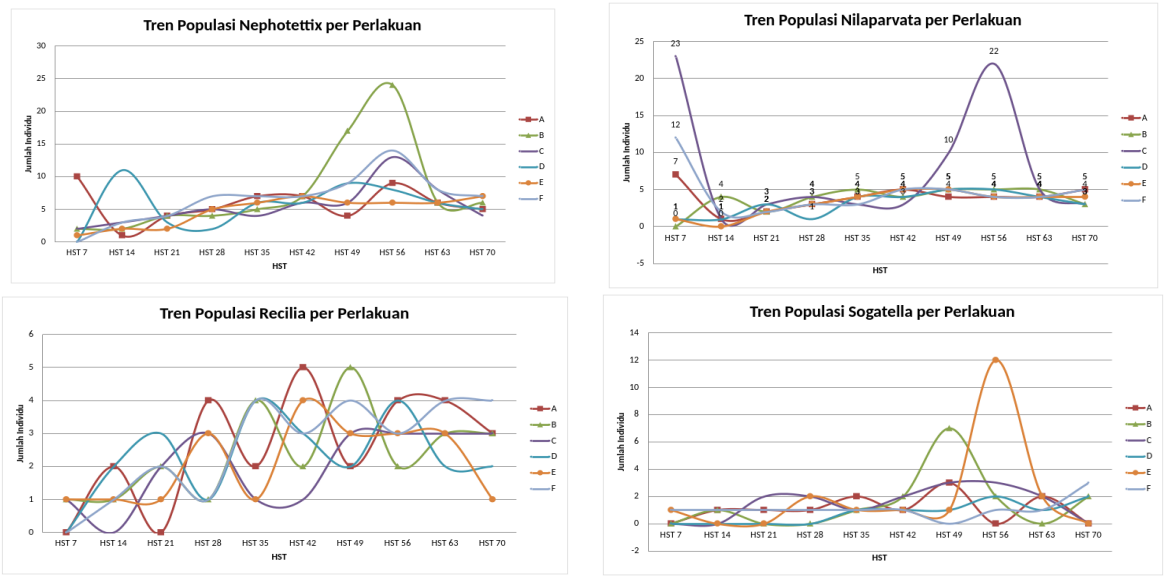
Kelimpahan dan populasi Wereng Pada Setiap Perlakuan

Pola fluktuasi populasi pada grafik tren wereng sepanjang HST 7–70 sejalan dengan karakteristik dinamika populasi wereng yang dipengaruhi faktor eksternal (iklim, kondisi pertanaman, insektisida, musuh alami) maupun faktor internal seperti keperidian, migrasi, dan mortalitas (Estofia Bodem et al., 2024). Lonjakan populasi *Nephotettix* yang muncul lebih awal dan lebih tinggi dibanding genus lain sejalan dengan kemampuannya membentuk koloni lebih awal dan tumbuh lebih cepat (Hutasoit et al., 2023) sementara lonjakan tajam *Sogatella* yang hanya terjadi pada satu titik waktu tertentu mencerminkan sifatnya sebagai migran jarak jauh dengan kemunculan yang tidak merata antar waktu dan lokasi (Wang et al., 2017; Yudiawati et al., 2025).

Berbeda dengan kedua genus tersebut, fluktuasi *Recilia* yang relatif landai sejalan dengan sifatnya yang konsisten ditemukan pada berbagai periode pertanaman padi (Manurung et al., 2017), menunjukkan bahwa perbedaan pola temporal antar genus turut dipengaruhi oleh ketersediaan tanaman inang dan kondisi lingkungan yang berubah seiring fase pertumbuhan tanaman (Anwar et al., 2024).

Berdasarkan Tabel 1, genus *Nephotettix* paling banyak ditemukan pada perlakuan B dan paling sedikit pada perlakuan E. Genus ini juga menjadi yang paling banyak ditemukan secara keseluruhan dibanding tiga genus lainnya. Genus *Nilaparvata* paling banyak ditemukan pada perlakuan C, sementara paling sedikit ditemukan pada perlakuan D. Genus *Recilia* jumlahnya cenderung stabil di semua perlakuan, dengan jumlah tertinggi pada perlakuan A dan F serta terendah pada perlakuan C, yang menunjukkan bahwa genus ini tidak terlalu terpengaruh oleh perbedaan perlakuan. Genus *Sogatella* menjadi yang paling sedikit ditemukan dibanding genus

lain, dengan jumlah tertinggi pada perlakuan E dan terendah pada perlakuan D.



Gambar 2. Tren populasi (a) Nephotettix, (b) Nilaparvata, (c) Recilia, dan (d) Sogatella pada setiap perlakuan selama masa pengamatan (HST 7–70)

Tabel 1. Jumlah Individu Hama wereng Genus

Perlakuan	Genus			
	Nephotettix	Nilaparvata	Recilia	Sogatella
A	58	39	26	11
B	77	37	24	15
C	55	77	20	15
D	56	31	23	8
E	48	32	21	20
F	66	45	26	11

Tingginya kelimpahan *Nephotettix* pada perlakuan B diduga berkaitan dengan karakteristik bahan aktif yang digunakan. Metil tiofanat merupakan fungisida yang bekerja secara spesifik terhadap patogen jamur dan tidak memiliki aktivitas insektisidal secara langsung. (Serrão et al., 2022) menyatakan bahwa pengaruh pestisida terhadap komunitas artropoda sangat dipengaruhi oleh target dan mekanisme kerja bahan aktif yang digunakan, sehingga bahan yang tidak secara langsung menargetkan serangga cenderung memberikan pengaruh yang lebih kecil terhadap komunitas serangga dibandingkan bahan yang memiliki aktivitas insektisidal atau repelen.

Sementara itu, tingginya kelimpahan *Nilaparvata* pada perlakuan C menunjukkan bahwa respons wereng terhadap aplikasi biopestisida tidak selalu mengikuti peningkatan konsentrasi bahan aktif secara linier. (Kardinan et al., 2020) menjelaskan bahwa pestisida nabati umumnya bekerja sebagai antifeedant, repelen, maupun penghambat pertumbuhan sehingga tidak selalu menyebabkan kematian secara langsung. Selain perlakuan yang diberikan, dinamika populasi wereng juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan tanaman inang di lapangan (Anwar et al., 2024)

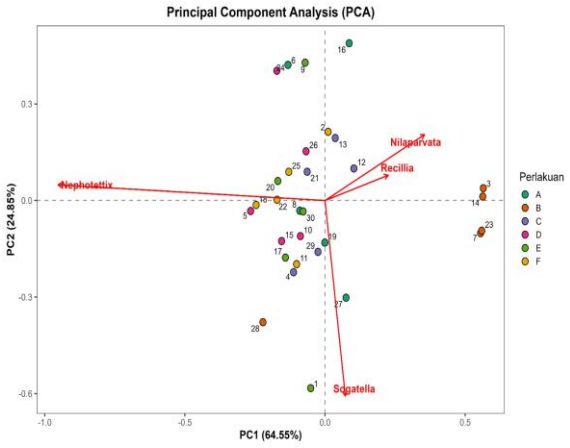
Kelimpahan *Recilia* yang relatif seragam pada seluruh perlakuan menunjukkan bahwa genus ini memiliki respons yang lebih stabil dibandingkan genus wereng lainnya. (Huang et al., 2023) melaporkan bahwa Recilia dorsalis memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi pertanaman. Sebaliknya, rendahnya kelimpahan Sogatella menunjukkan bahwa kontribusi genus ini

terhadap komunitas wereng selama penelitian relatif kecil dibandingkan genus lainnya. (Li et al., 2021) menjelaskan bahwa *Sogatella* umumnya ditemukan dalam populasi yang lebih rendah dibandingkan wereng utama pada agroekosistem padi. Secara keseluruhan, dominansi *Nephotettix* dan *Nilaparvata* menunjukkan bahwa variasi komunitas wereng antar perlakuan lebih banyak ditentukan oleh perubahan kelimpahan kedua genus tersebut

Struktur Komunitas Wereng

Hasil *Principal Component Analysis* (PCA)

PCA meringkas variasi kelimpahan keempat genus wereng menjadi sumbu-sumbu baru yang disebut komponen utama. PC1 adalah sumbu yang paling banyak membedakan komposisi genus antar unit pengamatan, sedangkan PC2 adalah sumbu pembeda terbesar kedua di luar yang sudah dijelaskan PC1. Semakin tinggi persentase PC1 dan PC2, semakin besar pula perbedaan komposisi genus wereng antar unit pengamatan yang berhasil digambarkan oleh kedua sumbu tersebut



Gambar 3. Hasil PCA komunitas wereng

Hasil *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan bahwa dua komponen utama pertama mampu menjelaskan 89,40% variasi data komunitas wereng, dengan PC1 menjelaskan 64,55% dan PC2 menjelaskan 24,85% dari total keragaman (Gambar 3). Vektor Nephotettix memiliki arah yang berlawanan dengan Nilaparvata, Recilia, dan Sogatella pada sumbu PC1. Sementara itu, vektor *Nilaparvata* dan Recilia memiliki arah yang relatif berdekatan, sedangkan *Sogatella* lebih dipengaruhi oleh sumbu PC2.

Sebaran unit pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar perlakuan berada di sekitar pusat ordinasi dan saling tumpang tindih. Namun, beberapa unit pengamatan perlakuan B cenderung terletak pada sisi positif PC1 yang searah dengan vektor *Nilaparvata* dan *Recilia*. Sebaliknya, beberapa unit pengamatan dari perlakuan A, C, D, E, dan F berada pada sisi negatif PC1 yang lebih dekat dengan arah vektor.

Pola tersebut mengindikasikan adanya variasi komposisi genus wereng antar unit pengamatan pada masing-masing perlakuan. Dominannya Nephotettix pada sumbu utama PCA menunjukkan bahwa variasi kelimpahan genus ini menjadi salah satu faktor utama yang membedakan komposisi komunitas wereng antar unit pengamatan. Menurut (Hutasoit et al., 2023) *Nephotettix virescens* mampu membentuk koloni lebih awal dan mengalami pertumbuhan populasi yang lebih cepat dibandingkan vektor lainnya, sehingga variasi kelimpahannya dapat menjadi faktor penting dalam pembentukan pola komunitas. Sedangkan untuk *Nilaparvata* dan *Recilia* pola yang terlihat relatif berdekatan, mengindikasikan adanya kecenderungan perubahan kelimpahan yang serupa antar petak.

Dinamika populasi wereng coklat dipengaruhi oleh faktor eksternal berupa iklim, kondisi pertanaman, penggunaan insektisida, dan keberadaan musuh alami, serta faktor internal seperti keperidian, migrasi, dan mortalitas (Estofia Bodem et al., 2024). Menurut (Manurung et al., 2017) *Recilia dorsalis* secara konsisten ditemukan pada berbagai periode pertanaman padi dengan proporsi 8,39–11,81% dari total komunitas hopper dan termasuk spesies yang sangat sering ditemukan. Keberadaan *Recilia* yang relatif konsisten menunjukkan bahwa genus ini merupakan komponen tetap komunitas hopper, sehingga perubahan kondisi agroekosistem yang memengaruhi kelimpahan *Nilaparvata* diduga turut memengaruhi keberadaan *Recilia*, (Wang et al., 2017), melaporkan bahwa *Sogatella furcifera* merupakan serangga migran jarak jauh dengan potensi reproduksi tinggi. Sifat tersebut memungkinkan kelimpahannya melonjak cepat di suatu lokasi akibat imigrasi dari luar area. Namun, (Yudiawati et al., 2025), menemukan bahwa kemunculannya cenderung tidak merata antar tempat maupun waktu pengamatan.

Karakteristik kemunculan yang tidak merata inilah yang turut menjelaskan mengapa variasi kelimpahan Sogatella pada penelitian ini terpisah dari gradien yang dibentuk oleh Nilaparvata dan Recilia, sehingga membentuk sumbu variasi (PC2) tersendiri

Secara keseluruhan, pola ordinasi PCA yang tidak menunjukkan pemisahan gradien konsentrasi yang jelas antar perlakuan C, D, E, dan F mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi *Arnica montana* dari 0,075% hingga 0,45% belum cukup memberikan tekanan selektif yang berbeda terhadap komposisi genus wereng. Tumpang tindihnya sebagian besar unit pengamatan perlakuan A dengan C, D, E, dan F sejalan dengan temuan (Koh et al., 2021) bahwa komposisi komunitas serangga tidak selalu berbeda nyata antar sistem pengelolaan yang berbeda intensitas inputnya, meskipun terdapat perbedaan jenis maupun frekuensi perlakuan yang diberikan. Pola ini mendukung dugaan bahwa bahan aktif *Arnica montana* bekerja melalui mekanisme antifeedant dan repelen yang tidak selalu bergantung pada hubungan dosis-toksisitas linier, sehingga peningkatan konsentrasi tidak serta-merta menggeser komposisi komunitas secara proporsional (Pavela et al., 2025)

Kondisi ini juga sejalan dengan temuan (Ochieng et al., 2022), bahwa efikasi pestisida nabati terhadap hama sasaran dapat setara dengan pestisida sintetis tanpa menimbulkan perubahan besar pada struktur komunitas serangga non-target. Sehingga terpisahnya unit pengamatan perlakuan B (fungisida) dari kelompok A, C, D, E, dan F pada sumbu PC1 lebih mencerminkan perbedaan mekanisme kerja antara fungisida dan biopestisida nabati dibandingkan perbedaan tingkat konsentrasi yang diaplikasikan

Hasil *Analysis of Similarities* (ANOSIM)

Hasil analisis ANOSIM menunjukkan bahwa komposisi komunitas wereng berbeda nyata antar perlakuan (Tabel 2). Nilai p yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan adanya perbedaan komposisi komunitas wereng antar perlakuan, sedangkan nilai R mengindikasikan tingkat pemisahan komunitas yang sedang. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan mampu memengaruhi struktur komunitas wereng pada tanaman padi. Namun, nilai R yang relatif rendah mengindikasikan bahwa perbedaan antar perlakuan masih disertai tingkat kemiripan komunitas yang cukup tinggi. Menurut (Somerfield et al., 2021), statistik R pada ANOSIM didasarkan pada perbedaan rata-rata peringkat dissimilaritas antar kelompok dan di dalam kelompok, sehingga nilai R yang mendekati nol menunjukkan tingginya tumpang tindih komposisi komunitas.

Tabel 2. Hasil Analisis ANOSIM

Parameter	Nilai
R statistic	0,296
p-value	0,001

Pola ini dapat dijelaskan dari sisi mekanisme kerja senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati. Pestisida nabati pada umumnya bekerja melalui beberapa mekanisme sekaligus, yaitu sebagai racun kontak atau racun perut, penghambat makan (*antifeedant*), maupun penolak (*repellent*), tergantung pada jenis senyawa aktif yang dikandung oleh tanaman (Sutriadi et al., 2020). Sifat farmakologis dan bioaktif kepala bunga *Arnica montana* terutama dikaitkan dengan kandungan *sesquiterpene lactone* di dalamnya (Greinwald et al., 2022). Senyawa ini merupakan kelompok metabolit sekunder yang banyak ditemukan pada famili Asteraceae dan diketahui berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman terhadap herbivora, termasuk melalui penghambatan aktivitas makan (*antifeedant*) (Agatha et al., 2024).

Sesquiterpene lactone yang terkandung dalam *A. montana* diduga turut memengaruhi perilaku wereng melalui mekanisme penolakan atau penghambatan makan. Mekanisme tersebut cenderung mengurangi aktivitas makan atau keberadaan serangga pada tanaman yang diberi perlakuan, bukan menyebabkan kematian secara langsung dalam jumlah besar. Akibatnya, meskipun perlakuan biopestisida mampu memengaruhi struktur komunitas wereng, komposisi komunitas yang terbentuk antar perlakuan masih menunjukkan tingkat kemiripan yang relatif tinggi.

Karakteristik biologis tiap genus turut membentuk pola ini. *Nilaparvata* memiliki sifat migran, berpindah ke petak padi lain untuk mempertahankan hidupnya (Firdaus & Haryadi, 2022). Sehingga kelimpahannya cenderung lebih fluktuatif dibanding genus lain. Sementara itu, survei keanekaragaman serangga hama pada pertanaman padi di Jambi

menunjukkan bahwa genus seperti *Sogatella furcifera* dan *Nephotettix virescens* umumnya berada pada tingkat dominansi yang rendah dibandingkan hama utama lainnya (Yudiawati et al., 2025), sehingga kontribusi keduanya terhadap perbedaan komposisi komunitas antar perlakuan relatif kecil

Kesimpulan

Aplikasi biopestisida *A. montana* pada konsentrasi 0,075–0,45% menunjukkan perbedaan komposisi komunitas wereng antar perlakuan secara keseluruhan, namun tidak menunjukkan gradien yang jelas antar konsentrasi, sebagaimana terlihat dari tumpang tindihnya perlakuan C, D, E, dan F pada ordinasi PCA. Perbedaan komposisi komunitas lebih banyak berkaitan dengan perbedaan mekanisme kerja bahan aktif (fungisida vs biopestisida nabati) serta karakteristik biologis tiap genus, dibandingkan dengan tingkat konsentrasi *A. montana* itu sendiri. Penelitian ini memberikan gambaran awal tentang respons komposisi komunitas wereng, bukan hanya kelimpahannya, terhadap biopestisida *A. montana* pada pertanaman padi, sehingga dapat menjadi dasar pengujian biopestisida ini sebagai komponen pengendalian hama terpadu yang lebih ramah lingkungan. Karena peningkatan konsentrasi tidak diikuti perubahan komposisi yang jelas, konsentrasi yang lebih tinggi belum tentu memberikan manfaat yang lebih besar; efisiensi biaya input dan efikasinya terhadap hasil panen masih perlu diuji. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji rentang konsentrasi yang lebih lebar dan pengaruhnya terhadap musuh alami.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Bdan Riset dan Inovasi Negara (BRIN) serta Berkem Group selaku pemilik Biopestisda Nanopartikel Arnica Montana. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional serta Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah mendukung penelitian ini, dan kepada seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

Agatha, O., Mutwil-Anderwald, D., Tan, J. Y., & Mutwil, M. (2024). Plant sesquiterpene lactones. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *379*(1914), 0–2. https://doi.org/10.1098/rstb.2023.0350

Anwar, R., Nurul Fatia, W., & Ulpiyah. (2024). Population dynamics of the brown planthopper (Nilaparvata lugens Stá l.) in rice fields and their association with the entomopthoralean fungus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1346*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1346/1/012019

Avolio, M. L., Komatsu, K. J., Koerner, S. E., Grman, E., Isbell, F., Johnson, D. S., Wilcox, K. R., Baldwin, A. H., & Beierkuhnlein, C. (2022). Making sense of multivariate community responses in global change experiments. *ECOSPHERE*, 1–11. https://doi.org/10.1002/ecs2.4249

Chaerani. (2017). (Nilaparvata lugens Stål) dan Strategi Pengelolaannya. *AgroBiogen*, *13*(1), 53–66. https://doi.org/https://doi.org/10.21082/jbio.v13n1.2017.p53-66

Dewina, R. U., & Choesin, D. N. (2024). Relationship of Land Cover Heterogeneity and Insecticide Use with Arthropod Community Structure in Rice Agroecosystems. *3BIO: Journal of Biological Science, Technology and Management*, *6*(1), 212–221. https://doi.org/10.5614/3bio.2024.6.1.4

Elhamalawy, O., Bakr, A., & Eissa, F. (2024). Impact of pesticides on non-target invertebrates in agricultural ecosystems. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *202*. https://doi.org/10.1016/J.PESTBP.2024.105974

Estofia Bodem, M., Sembiring, J., Anike Mendes, J., Yusuf, M., Sari Rupang, M., & Kusumah, R. (2024). Kepadatan Populasi dan Intensitas Serangan Hama Wereng Coklat (Nilaparvata lugens. Stal) Pada Tanaman Padi di Distrik Tanah Miring Kabupaten Merauke. *Jurnal Agrotek Lestari*, *10*(1), 1–9. https://doi.org/10.35308/jal.v10i1.9196

Firdaus, F., & Haryadi, N. T. (2022). Fluktuasi Populasi Wereng Batang Coklat Nilaparvata Lugens (Stål) Pada Padi Di Desa Sumberagung Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, *10*(2), 46–59. https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.2.1

Greinwald, A., Hartmann, M., Heilmann, J., Heinrich, M., Luick, R., & Reif, A. (2022). Soil and Vegetation Drive Sesquiterpene Lactone Content and Profile in Arnica montana L. Flower Heads From Apuseni-Mountains, Romania. *Frontiers in Plant Science*, *13*(January). https://doi.org/10.3389/fpls.2022.813939

Huang, Q., Shan, H. W., Chen, J. P., & Wu, W. (2023). Diversity and Dynamics of Bacterial Communities in the Digestive and Excretory Systems across the Life Cycle of Leafhopper, Recilia dorsalis. *Insects*, *14*(6). https://doi.org/10.3390/insects14060545

Hutasoit, R. T., Jihad, M., Listihani, L., & Selangga, D. G. W. (2023). The relationship between vector insect populations, natural enemies, and disease incidence of tungro virus during wet and dry seasons. *Biodiversitas*, *24*(7), 4001–4007. https://doi.org/10.13057/biodiv/d240737

Iswanto, E. H., Dadang, Winasa, I. W., & Rahmini. (2019). Pengaruh Insektisida terhadap Kemampuan Adaptasi Wereng Batang Cokelat pada Varietas Padi Effect of Insecticides on the Adaptability of Brown Planthopper on Rice Varieties. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, *3*(3), 125–134. https://doi.org/http//dx.doi.org/10.21082/jpptp.v3n3.2019.p125-133

Iswanto, E. H., Nuryanto, B., & Baliadi, Y. (2016). Antisipasi Ledakan Wereng Cokelat (Nilaparvata lugens) dengan Penerapan Teknik Pengendalian Hama Terpadu Biointensif Anticipation of Brown Planthopper (Nilaparvata lugens) outbreak through Biointensive Integrated Pest Management Application. *Iptek Tanaman Pangan*, *11*(1), 9–18. https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/4257

Kardinan, A., Rizal, M., & Maris, P. (2020). PENGARUH INSEKTISIDA NABATI KAMANDRAH DAN AKAR TUBA TERHADAP WERENG BATANG COKLAT. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, *22*(2), 93–98. https://doi.org/https://doi.org/10.31186/jpi.22.2.93-98

Koh, C. N., Chiu, M. C., Jaung, L. M., Lu, Y. J., & Lin, H. J. (2021). Effects of farming systems on insect communities in the paddy fields of a simplified landscape during a pest-control intervention. *Zoological Studies*, *60*, 1–8. https://doi.org/10.6620/ZS.2021.60-56

Leoni, V., Borgonovo, G., Giupponi, L., Bassoli, A., Pedrali, D., Zuccolo, M., Rodari, A., & Giorgi, A. (2021). Comparing wild and cultivated arnica montana l. From the italian alps to explore the possibility of sustainable production using local seeds. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(6). https://doi.org/10.3390/su13063382

Li, Z., Qin, Y., Jin, R., Zhang, Y., Ren, Z., Cai, T., Yu, C., Liu, Y., Cai, Y., Zeng, Q., HuWan, & Li, J. (2021). Insecticide Resistance Monitoring in Field Populations of the Whitebacked Planthopper Sogatella furcifera (Horvath) in China, 2019–2020. *Insects*, 2019–2020. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects12121078

Manurung, B., Prastowo, P., & Hakim, A. (2017). Community Structure of Leaf-and Planthoppers (Auchenorrhyncha: Hemiptera) on Rice Ecosystem in Samosir Island-Sumatera-Indonesia. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, *6*(9), 1412–1417. https://doi.org/10.21275/ART20176858

Ochieng, L. O., Ogendo, J. O., Bett, P. K., Nyaanga, J. G., Cheruiyot, E. K., Mulwa, R. M. S., Arnold, S. E. J., Belmain, S. R., & Stevenson, P. C. (2022). Field margins and botanical insecticides enhance Lablab purpureus yield by reducing aphid pests and supporting natural enemies. *Journal of Applied Entomology*, *146*(7), 838–849. https://doi.org/10.1111/jen.13023

Pavela, R., Kovaříková, K., & Novák, M. (2025). Botanical Antifeedants: An Alternative Approach to Pest Control. *Insects* , *16*(2), 1–22. https://doi.org/10.3390/insects16020136

Rahardjo, W., Tri, B., & Tarno, H. (2021). Hubungan antara Profil Protein Populasi Vektor Wereng Hijau Nephotettix virescens dan Gejala Penularan Tungro pada Tanaman Padi Relationship between Protein Profiles Population of Vector the Green Leafhopper. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, *5*(1), 25–36. https://doi.org/http//dx.doi.org/10.21082/jpptp.v5n1.2021.p25-36

Serrão, J. E., Plata-Rueda, A., Martínez, L. C., & Zanuncio, J. C. (2022). Side-effects of pesticides on non-target insects in agriculture: a mini-review. *Science of Nature*, *109*(2). https://doi.org/10.1007/s00114-022-01788-8

Somerfield, P. J., Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2021). A generalised analysis of similarities (ANOSIM) statistic for designs with ordered factors. *Austral Ecology*, *46*(6), 901–910. https://doi.org/10.1111/aec.13043

Sutriadi, M. T., Harsanti, E. S., Wahyuni, S., & Wihardjaka, A. (2020). Pestisida Nabati: Prospek Pengendali Hama Ramah Lingkungan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *13*(2), 89. https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n2.2019.89-101

Tampubolon, K., Sihombing, N., Purba, Z., Samosir, S., & Karim, S. (2018). Potensi metabolit sekunder gulma sebagai pestisida nabati di Indonesia. *Jurnal Kultivasi*, *17*(3), 683–693. https://doi.org/https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i3.18049

Wang, L., Tang, N., Gao, X., Chang, Z., Zhang, L., Zhou, G., Guo, D., Zeng, Z., Li, W., Akinyemi, I. A., Yang, H., & Wu, Q. (2017). Genome sequence of a rice pest, the white-backed planthopper (Sogatella furcifera). *GigaScience*, *6*(1), 1–9. https://doi.org/10.1093/gigascience/giw004

Yudiawati, E., Asparita, N., & Hasnelly. (2025). Keanekaragaman Serangga Pada Tanaman Padi Sawah (Oryza sativa L) di Kecamatan Sungai Manau Kabupaten Merangin. *Jurnal Sains Agro*, *10*(1), 1–12. https://doi.org/https://doi.org/10.36355/jsa.v10i1