

## Mortalitas Kecoak Jerman (*Blattella germanica* L.) yang terdedah Biopestisida BIO-P60 berbasis Bakteri *Pseudomonas fluorescens* P60

*Mortality of German Cockroaches (Blattella germanica L.) exposed to the Biopesticide BIO-P60 based on the Pseudomonas fluorescens P60 bacteria*

Wahyu Puji Lestari<sup>1</sup>, Dwiana Muflihah Yulianti<sup>1</sup>, Trisnowati Budi Ambarningrum<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Entomologi-Parasitologi, Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

\*corresponding author, Email: trisnowati.ambarningrum@unsoed.ac.id

### Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 18/06/2025

Disetujui : 23/12/2025

### Abstract

Cockroaches are one of the vectors in residential environments that can spread various disease-causing microorganisms. One of them is the German cockroach (*Blattella germanica*). German cockroaches need to be controlled with safer methods. This study aims to determine the mortality of German cockroaches exposed to the biopesticide BIO-P60. The study was conducted using an experimental method with a Completely Randomized Design (CRD). The treatments consisted of bait containing the biopesticide BIO-P60 at concentrations of 60, 65, 70, 75, 80, 85, and 90% as well as a positive control using 0.05% fipronil and a negative control using only bait without insecticide. Each treatment was repeated three times. Mortality observations were carried out for six days. The results showed a significant difference between the BIO-P60 treatment at concentrations of 75-90% and the negative control ( $p \leq 0.05$ ). BIO-P60 concentration of 75-90% can cause mortality of  $\geq 50\%$  within six days, while fipronil control can achieve 100% mortality within 16 hours.

**Key Words** : biopesticide, BIO-P60, German cockroaches, mortality, *Pseudomonas fluorescens* P60.

### Abstrak

Kecoak merupakan salah satu vektor yang berada di lingkungan permukiman yang dapat menyebarkan berbagai mikroorganisme penyebab penyakit. Salah satunya yaitu kecoak Jerman (*Blattella germanica*). Kecoak Jerman perlu dikendalikan dengan metode yang lebih aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mortalitas kecoak Jerman yang terdedah biopestisida BIO-P60. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan terdiri dari umpan yang mengandung biopestisida BIO-P60 dengan konsentrasi 60, 65, 70, 75, 80, 85, dan 90% serta kontrol positif menggunakan fipronil 0,05% dan kontrol negatif hanya menggunakan umpan tanpa insektisida. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan mortalitas dilakukan selama enam hari. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan nyata antara perlakuan BIO-P60 pada konsentrasi 75-90% dengan kontrol negatif ( $p \leq 0.05$ ). BIO-P60 konsentrasi 75-90% dapat menyebabkan mortalitas  $\geq 50\%$  dalam waktu enam hari, sedangkan kontrol fipronil dapat mencapai mortalitas 100% dalam waktu 16 jam.

**Kata kunci** : biopestisida, BIO-P60, kecoak Jerman, mortalitas, *Pseudomonas fluorescens* P60.

## PENDAHULUAN

Kecoak merupakan salah satu vektor yang berada di lingkungan permukiman yang dapat menyebarkan berbagai mikroorganisme terutama bakteri patogen yang terbawa oleh kaki atau bagian tubuh lainnya (Rihibiha & Friliansari 2021). Salah satu jenis kecoak yang sering dijumpai di permukiman yaitu kecoak Jerman (*Blattella germanica*). Kecoak Jerman mempunyai kemampuan adaptasi yang sangat baik dibandingkan kecoak jenis lainnya dan dapat berkembang biak dalam waktu yang sangat cepat (Hajar *et al.*, 2020).

Saat ini, pengendalian populasi kecoak sangat mengandalkan insektisida sintesis. Meskipun terbukti efektif dalam membunuh kecoak dengan cepat, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi (Jannatan *et al.*, 2013). Penggunaan

insektisida sintesis tidak selalu efektif membunuh semua serangga, karena beberapa serangga telah mengembangkan resistensinya terhadap insektisida sintesis. Serangga yang resisten dapat mewariskan sifat resistensi terhadap insektisida sintesis kepada generasi berikutnya (Arimurti & Kamila, 2018). Mengingat banyaknya efek samping yang ditimbulkan oleh insektisida sintesis maka diperlukan metode pengendalian yang lebih aman dan berkelanjutan. Salah satu alternatif pengendalian kecoak yang dapat dilakukan adalah dengan pemanfaatan biopestisida. Salah satu produk biopestisida yang dapat digunakan adalah biopestisida BIO-P60 berbasis bakteri entomopatogen *Pseudomonas fluorescens* P60. Kemampuan *P. fluorescens* P60 sebagai agen pengendali hayati berkaitan dengan kemampuannya

menghasilkan berbagai senyawa metabolit, seperti siderofor, antibiotik, dan enzim kitinase (Javandira *et al.*, 2013). Enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri *P. fluorescens* P60 diduga mampu melisiskan organ sistem pencernaan serangga, sehingga mampu menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian serangga hama tertentu (Rostaman *et al.*, 2019).

Isolat bakteri *P. fluorescens* P60 sudah diujikan pada beberapa serangga. Chairunisa (2014) melaporkan isolat bakteri *P. fluorescens* P60 menyebabkan mortalitas pada hama *Helicoverpa armigera* sebesar 36,7%. Aditiara (2016) melaporkan bahwa bakteri *P. fluorescens* efektif mematikan *Aphis craccivora* sebanyak 68%, *A. glycines* sebanyak 45% dan *Rhopalosiphum maydis* sebanyak 75% pada konsentrasi 2 ml/L. Penggunaan biopestisida BIO-P60 dalam bidang pertanian menunjukkan efek spesifik terhadap serangga hama target. Meskipun biopestisida BIO-P60 telah menunjukkan efektivitas dalam pengendalian berbagai serangga hama di sektor pertanian, hingga saat ini belum ada penelitian yang menguji penggunaan biopestisida ini pada kecoak Jerman menggunakan metode umpan. Pengujian menggunakan metode umpan dapat memberikan informasi lebih lanjut mengenai potensi biopestisida BIO-P60 dalam mengendalikan populasi kecoak Jerman secara efektif di lingkungan permukiman.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi-Parasitologi serta Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman dari bulan Juni 2024 sampai bulan September 2024. Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kecoak Jerman (*B. germanica*) stadium nimfa instar 6, biopestisida BIO-P60 berbasis bakteri *P. fluorescens* P60, fipronil (0,05%), umpan gel, media *Nutrient Agar* (NA), akuades steril, dan alkohol 70%, toples plastik ukuran 1 L sebagai arena uji, *harborage*, timbangan analitik (TN-Series), mikropipet (Dragonlab), mikroskop stereo (Amscope), *thermohygrometer*, autoklaf (Hirayama), *beaker glass*, *hot gel plate*, *magnetic stirrer*, labu Erlenmeyer, pipet ukur dan pipet filler, tabung reaksi, pembakar spirtus, cawan Petri, dan *colony counter*.

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan terdiri dari umpan gel yang mengandung biopestisida BIO-P60 dengan konsentrasi 60, 65, 70, 75, 80, 85, dan 90% serta kontrol positif menggunakan fipronil 0,05% dan kontrol negatif hanya menggunakan umpan tanpa insektisida. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Penentuan konsentrasi BIO-P60 yang digunakan berdasarkan hasil uji pendahuluan untuk memperoleh nilai *Lethal Concentration* (LC<sub>50</sub>), yaitu konsentrasi yang dapat membunuh 50% populasi kecoak Jerman. Hasil uji pendahuluan diperoleh nilai

LC<sub>50</sub> pada konsentrasi 76.01%. Pengamatan mortalitas dilakukan selama enam hari.

## Pemeliharaan Kecoak Jerman

Kecoak Jerman yang digunakan dalam pengujian dipelihara di Laboratorium Entomologi dan Parasitologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman sejak bulan September 2023. Pemeliharaan dilakukan dengan cara menempatkan kecoak Jerman dalam sebuah toples besar berukuran 16L yang di dalamnya telah disediakan *harborage*, air minum, pakan, serta mulut toples bagian dalam telah diolesi minyak untuk mencegah kecoak keluar. Toples ditutup menggunakan kain dan diikat menggunakan karet. Pakan yang diberikan selama pemeliharaan berupa pelet (*cat food*). Kecoak uji menggunakan stadium nimfa instar 6.

## Pembuatan Umpan Gel

Umpan gel yang digunakan mengandung karbohidrat dan protein dengan perbandingan 50:50. Sebelum perlakuan umpan gel ditambahkan biopestisida BIO-P60 dengan konsentrasi yang sudah ditentukan dan dihomogenkan, setelah itu masing-masing umpan ditimbang dengan berat 1 g.

## Uji Efikasi

Kecoak Jerman yang digunakan untuk uji adalah stadium nimfa instar 6, masing-masing perlakuan menggunakan 10 individu yang sebelumnya sudah dipuasakan dan diaklimatisasi. Sebelum pengujian kecoak dipuasakan selama 7 hari dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh makanan yang telah dikonsumsi sebelumnya. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Kecoak ditempatkan ke dalam arena uji berupa toples berkapasitas 1 L yang di dalamnya telah berisi *harborage* dan air. Umpan kontrol dan umpan perlakuan masing-masing seberat 1 g diletakkan pada setiap arena uji. Arena uji ditutup menggunakan kain yang diikat dengan karet serta diberi label.

## Pengamatan Data Mortalitas

Mortalitas kecoak diamati dengan cara menghitung kecoak yang mati setiap 24 jam sekali selama 6 hari setelah diberi perlakuan. Mortalitas hewan uji dihitung dengan menggunakan rumus persentase mortalitas yang mengacu pada Dono *et al.* (2008):

$$Po = \frac{r}{n} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Po = Mortalitas hewan uji

r = Jumlah nimfa yang mati

n = Jumlah nimfa yang diuji

## Pengukuran Bobot Umpan

Bobot umpan yang diukur merupakan bobot umpan yang berkurang selama pengujian. Pengukuran dilakukan dengan menimbang umpan sebelum dan sesudah pengujian. Bobot umpan yang

berkurang selama pengujian dibandingkan dengan pembanding. Pembanding dibuat untuk mengetahui nilai penguapan dan tidak diujikan untuk umpan kecoak, sehingga nilai bobot umpan yang dikonsumsi dapat diketahui.

### Pengukuran Populasi Bakteri

Pengukuran populasi bakteri dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC), yang bertujuan untuk menentukan jumlah mikroba dalam suatu sampel. Uji TPC yang dilakukan menggunakan metode *pour plate* yaitu metode yang dilakukan dengan mensterilisasi medium NA, dan melakukan pengenceran 1 mL sampel biopestisida BIO-60 yang terdiri dari  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , dan  $10^{-3}$ , kemudian sampel pada dua pengenceran terakhir masing-masing diambil 1 mL lalu dituangkan pada cawan petri selanjutnya dituang medium NA dan dan dihomogenkan dengan cara cawan Petri diputar membentuk angka delapan, seluruh rangkaian uji dikerjakan di dekat api pada pembakar spirtus, kemudian ditutup menggunakan plastik wrap. Media diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Koloni yang tumbuh pada medium NA kemudian dihitung menggunakan *colony counter*. Jumlah sel bakteri dinyatakan dengan satuan Colony Forming Units per mL (CFU/mL). Rumus perhitungan jumlah sel bakteri dengan metode TPC dengan formula:

$$\text{Jumlah bakteri } \left(\frac{\text{CFU}}{\text{mL}}\right) = N \times \frac{1}{D} \times \frac{1}{A}$$

Keterangan:

N = Jumlah koloni

D = Pengenceran yang dilakukan

A = Volume sampel yang ditanam

### Analisis Data

Data mortalitas yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan. Hasil analisis menunjukkan perbedaan nyata, maka uji lanjut dilakukan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada  $p < 0.05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan antar perlakuan dalam kemampuan mematikan kecoak Jerman ( $p < 0.05$ ). Kontrol negatif berbeda nyata dengan kontrol positif, BIO-P60 65%, BIO-P60 70%, BIO-P60 75%, BIO-P60 80%, BIO-P60 85%, dan BIO-P60 90%, namun tidak berbeda nyata dengan BIO-P60 60%. Hasil pengujian biopestisida BIO-P60 berbasis bakteri *P. fluorescens* P60 terhadap mortalitas kecoak Jerman ditunjukkan pada Tabel 1.

Persentase mortalitas terendah pada hari keenam setelah pendedahan pada perlakuan BIO-P60 60% sebesar 26,66%. Persentase mortalitas tertinggi setelah enam hari pendedahan pada perlakuan dengan konsentrasi BIO-P60 90% selama sebesar 63,33%. Persentase mortalitas terendah pada hari keenam setelah pendedahan pada perlakuan BIO-P60 60% sebesar 26,66%. Persentase mortalitas tertinggi setelah enam hari pendedahan pada perlakuan dengan konsentrasi BIO-P60 90% selama sebesar 63,33%. Kontrol positif berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, hal ini menunjukkan bahwa fipronil memiliki efek nyata dalam membunuh kecoak Jerman dengan mortalitas sebesar 100% dalam waktu 16 jam. Menurut Robea et al (2018) fipronil merupakan insektisida sintetis yang bekerja dengan mengganggu fungsi normal sistem saraf pusat, khususnya dengan memblokir saluran klorida yang dikendalikan oleh *Gamma Aminobutyric Acid* (GABA), sehingga menyebabkan kelumpuhan dan kematian. Ahmad dan Suliyat (2011) melaporkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan menggunakan umpan pisang madu dengan zat aktif fipronil 0,03% sangat efektif dalam mengendalikan kecoak Jerman. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan persentase mortalitas kecoak Jerman yang terdedah Biopestisida BIO-P60 dengan berbagai konsentrasi selama enam hari pengamatan.

**Tabel 1.** Rerata Mortalitas Kecok Jerman yang terdedah BIO-P60

Perlakuan	N	Rerata mortalitas (%)
K0(-)	30	0 ± 0 <sup>a</sup>
K0(+)	30	100 ± 0 <sup>d</sup>
BIO-P60 60%	30	26,66 ± 1,52 <sup>ab</sup>
BIO-P60 65%	30	33,33 ± 2,51 <sup>bc</sup>
BIO-P60 70%	30	46,66 ± 4,04 <sup>bc</sup>
BIO-P60 75%	30	50,00 ± 0 <sup>bc</sup>
BIO-P60 80%	30	56,66 ± 0,57 <sup>bc</sup>
BIO-P60 85%	30	60,00 ± 1,00 <sup>bc</sup>
BIO-P60 90%	30	63,33 ± 1,52 <sup>c</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ).

**Tabel 2.** Persentase Mortalitas Harian Kecoak Jerman yang Terdedah BIO-P60

Konsentrasi (%)	Persentase mortalitas hari ke-					
	1	2	3	4	5	6
60%	0	0	0	6.67	13.33	26.67
65%	3.33	6.67	10	20	23.33	33.33
70%	10	16.67	20	33.33	40	46.67
75%	10	16.67	30	36.67	40	50
80%	10	20	30	40	46.67	56.67
85%	10	20	33.33	43.33	46.67	60
90%	10	20	33.33	43.33	53.33	63.33

Terlihat dari Tabel 2 perlakuan BIO-P60 konsentrasi 60% menyebabkan 6.67% mortalitas kecoak Jerman pada hari ke empat setelah pendedahan. Perlakuan BIO-P60 konsentrasi 65-90% sudah menyebabkan mortalitas kecoak sebesar 3.33-10%. Perlakuan BIO-P60 konsentrasi 75-90% menyebabkan mortalitas kecoak uji  $\geq 50\%$  pada hari keenam pendedahan. Biopestisida BIO-P60 menunjukkan potensi yang efektif dalam membunuh kecoak Jerman, meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai tingkat mortalitas yang signifikan dibandingkan dengan insektisida sintetis. Biopestisida cenderung memiliki cara kerja yang lebih lambat dibandingkan dengan insektisida sintetis karena mekanisme aksinya seringkali melibatkan proses biologis yang kompleks, seperti penghambatan pertumbuhan atau reproduksi serangga target (Irsad et al, 2023). Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan BIO-P60 konsentrasi 75-90% memerlukan waktu hingga enam hari untuk mencapai mortalitas  $\geq 50\%$ .

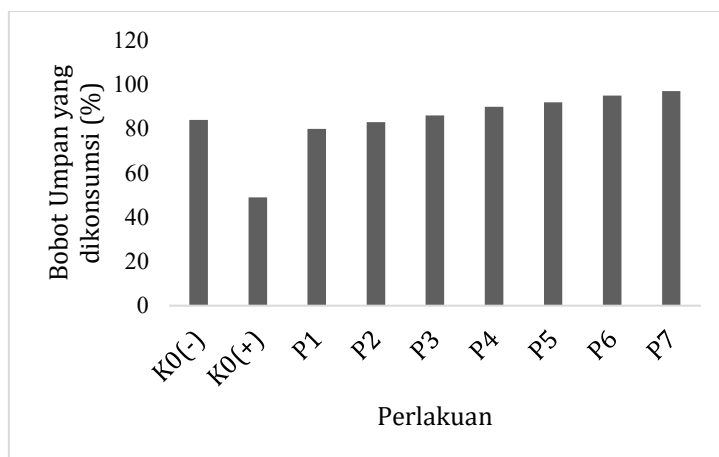
Mekanisme transfer insektisida secara horizontal dianggap memainkan peranan penting dalam mengendalikan berbagai hama perkotaan yang bersarang termasuk semut, kecoak, dan rayap (Buczowski, 2019). Pengendalian serangga bersarang seperti kecoak Jerman perlu menggunakan insektisida yang cara kerjanya lambat, karena insektisida yang bekerja secara lambat memungkinkan serangga untuk membawa bahan aktif kembali ke sarangnya, sehingga dapat membunuh anggota lain yang ada di sarang (Kusumawati & Istiqomah, 2022).

Perbedaan persentase mortalitas pada kecoak Jerman terjadi karena perbedaan konsentrasi biopestisida BIO-P60 yang didedahkan. Semakin tinggi konsentrasi yang didedahkan maka persentase mortalitas semakin meningkat (Tabel 2). Yuniarti (2016) menyatakan bahwa mortalitas akan terjadi lebih cepat pada konsentrasi yang lebih tinggi, karena

semakin banyak bahan aktif yang masuk ke dalam tubuh serangga. Hal ini memungkinkan toksin bekerja lebih cepat, sehingga meningkatkan efektivitas insektisida, menghambat pertumbuhan, dan menyebabkan mortalitas serangga.

Mortalitas yang disebabkan oleh biopestisida BIO-P60 dimungkinkan karena metabolit yang bersifat toksik ataupun enzim yang terkandung dalam BIO-P60 tersebut dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan kecoak Jerman. Hasil uji TPC dari Biopestisida-P60 diperoleh jumlah bakteri *P. fluorescens* yang tumbuh setelah inkubasi sebanyak  $1,4 \times 10^5$  CFU/mL pada pengenceran  $10^{-3}$ , artinya biopestisida ini mengandung bakteri *P. fluorescens* yang masih viabel. Biopestisida yang berisi bakteri viabel berfungsi secara langsung melalui produksi enzim hidrolitik, sedangkan biopestisida yang berisi metabolit dapat berfungsi sebagai toksin (Rahmawati et al., 2023). Menurut Ramyasmruthi et al (2012) metabolit yang dihasilkan oleh bakteri *P. fluorescens* mengandung enzim kitinase dan protease yang bersifat lisis terhadap *midgut* serangga sehingga berakibat pada terganggunya penyerapan nutrisi. Enzim kitinase memiliki kemampuan yang signifikan dalam mendegradasi kitin, termasuk lapisan kitin yang terdapat pada membran peritrofik di bagian *midgut* serangga. Menurut Yusuf et al. (2024) enzim kitinase mampu mendegradasi sebagian besar komponen yang tersusun oleh kitin. Kitin merupakan bagian integral dari matriks peritrofik serangga, yang berfungsi sebagai penghalang permeabilitas antara bolus makanan dan epitel *midgut*, membantu meningkatkan penyerapan makanan serta melindungi *midgut* dari patogen (Merzendorfer & Zimoch, 2003).

Selama penelitian dilakukan pengukuran suhu udara, kelembaban udara, serta persentase pengurangan bobot umpan. Rerata suhu udara selama penelitian adalah  $29^\circ\text{C}$  dan rerata kelembaban udara 62%. Persentase pengurangan bobot umpan selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Persentase Bobot Umpan yang dikonsumsi Selama Pengujian

Keterangan: K0(-) = kontrol negatif (umpan tanpa insektisida), K0(+) = kontrol positif (fipronil 0,05%), P1=BIO-P60 60%, P2=BIO-P60 65%, P3=BIO-P60 70%, P4=BIO-P60 75%, P5=BIO-P60 80%, P6=BIO-P60 85%, P7=BIO-P60 90%.

Pada kontrol positif hanya 33% umpan yang dikonsumsi karena semua kecoak mati dalam 16 jam setelah pendedahan sehingga kecoak tidak sempat makan banyak, sedangkan pada perlakuan dengan biopestisida BIO-P60 90% konsumsi umpan mencapai 50%. Dari hasil ini, biopestisida BIO-P60 dengan metode umpan dapat digunakan untuk mengendalikan kecoak Jerman sebagai racun yang bekerja melalui perut.

## SIMPULAN

Biopestisida BIO-P60 berpotensi digunakan untuk mengendalikan populasi kecoak Jerman, meskipun efektivitasnya dalam mencapai tingkat mortalitas yang signifikan lebih lambat dibandingkan dengan fipronil. Konsentrasi BIO-P60 75% sudah dapat menyebabkan mortalitas kecoak sebesar 50%. Efektivitas BIO-P60 dimungkinkan ditingkatkan dengan mengkombinasikan/menambah bahan aktif lain sehingga dapat mempercepat aksi biopestisida.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Jenderal Soedirman (Unsoed) melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Proyek Unsoed atas hibah penelitian Badan Layanan Umum (BLU) Unsoed skim penelitian Riset Unggulan Terapan (RUT) tahun 2024 dengan kontrak penelitian nomor : 26.340/UN23.35.5/PT.01/II/2024.

## DAFTAR REFERENSI

- Aditiara, H., 2016. Mortalitas Beberapa Spesies Kutu Daun yang Disebabkan Perlakuan Mikroba Antagonis *Pseudomonas fluorescens*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Ahmad, I., & Suliyat, S., 2011. Development of Fipronil Gel Bait Against German Cockroaches, *Blattella germanica* (Dictyoptera:

Blattellidae): Laboratory and Field Performance in Bandung, Indonesia. *Journal of Entomology*, 8(3), pp.288-294.

Arimurti, A.R.R., & Kamila, D., 2018. Efektivitas Minyak Atsiri Serai Wangi (*Combypogon nardus*) sebagai Insektisida Alami untuk Kecoak Amerika (*Periplaneta americana*). *The Journal of Muhamadiyah Medical Laboratory Technologist*, 1(1), pp.55–60.

Buczowski, G., 2019. Trap-treat-release: horizontal transfer of fipronil in field colonies of black carpenter ants, *Camponotus pennsylvanicus*. *Pest Management Science*, 75(8), pp. 2195-2201.

Chairunisa, I., 2014. Uji Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dalam Mengendalikan Hama *Helicoverpa armigera*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

Dono, D., Hidayat, S., Nasahi, C. & Anggraini, E., 2008. Pengaruh Ekstrak Biji *Barringtonia asiatica* L. (Kurz)(Lecythidaceae) terhadap Mortalitas Larva dan Fekunditas *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera:Pyralidae). *Jurnal Agrikultura*, 19(1), pp.5-14.

Hajar, I.F., Ambarningrum, T.B., & Pratiknyo, H., 2020. Ketertarikan dan Kesukaan Kecoak Jerman *Blattella germanica* L. (Dictyoptera: Blattellidae) terhadap Fagostimulan Berbeda. *Jurnal Bioeksakta*, 2(2), pp.255–260.

Irsad, Shahid, M., Haq, E., Mohamed, A., Rizvi, P.Q., & Kolanthasamy, E. 2023. Entomopathogen-based biopesticides: insights into unraveling their potential in insect pest management. *Front. Microbiol.* 14:1208237. doi: 10.3389/fmicb.2023.120823

- Jannatan, R., Rahayu, R. & Santoso, P., 2013. Laju Respirasi Kecoak Jerman (*Blattella germanica*, Dictyoptera; Blattellidae) yang Resistan terhadap Insektisida. *Jurnal Biologi Unand*, 2(4), pp.262-268. <https://doi.org/10.25077/jbioua.2.4.%p.2013>
- Javandira, C., Aini, L.Q., & Abadi, A.L., 2013. Pengendalian Penyakit Busuk Lunak Umbi Kentang (*Erwinia carotovora*) dengan Memanfaatkan Agens Hayati *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 1(1), pp.90-97.
- Kusumawati, D. E., & Istiqomah, I., 2022. *Buku Ajar Pestisida Nabati sebagai Pengendali OPT*. 1st ed. Malang: Madza Media.
- Merzendorfer, H., & Zimoch, L., 2003. Chitin Metabolism in Insects: Structure, Function and Regulation of Chitin Synthases and Chitinases. *Journal of Experimental Biology*, 206(24), pp.4393-4412.
- Rahmawati, R., Mukarlina, M., Zakiah, Z., Khotimah, S., Linda, R., Turnip, M., Nugraheni, D.K., Meilani, L.D., Indriani, A., & Prawiga, B. D., 2023. Edukasi Penggunaan Metabolit Sekunder Mikroba sebagai Biopestisida untuk Ketahanan Tanaman Bagi Ibu-Ibu Petani di Desa Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(4), pp.1583-1590.
- Rihibiha, D.D., & Friliansari, L.P., 2021. Isolasi Enterobacteriaceae pada Kecoak (*Periplaneta americana*) di Area Perumahan di Kota Cimahi. *Jurnal Kesehatan Kartika*, 16(1), pp.17-21.
- Robea, M.A., Nicoara, M., Pplavan, G., Strugaru, S.A., Ciobica, A. 2018. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 5(1) 20-31
- Rostaman, R., Soesanto, L., & Bait, E.A.N., 2019. Perlakuan Metabolit Sekunder Asal Bakteri *Pseudomonas fluorescens* terhadap Serangga *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). In Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) Cabang Palembang, 1(1), pp.372-379.
- Ramyasmruthi S, O Pallavi, S Pallavi, K Tilak, S Srividaya., 2012. Chitinolytic and Secondary Metabolite Producing *Pseudomonas fluorescens* Isolated from Solanaceae Rhizosphere Effective Against Broad Spectrum Fungal Phytopathogen. *Asian J Plant Science and Research*, 2 (1), pp.16-24.
- Yunianti, L. 2016. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle*) sebagai Insektisida Alami terhadap Mortalitas Walang Sangit (*Leptocoris acuta*). Skripsi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Yogyakarta
- Yusuf, A. I., Aini, F., Maritsa, H. U., & Riany, H., 2024. Aktivitas Kitinase dari Aktinobakteri sebagai Biokontrol *Ganoderma boninense*. *Berita Biologi*, 23(2), pp.227-234.