



Karakterisasi Senyawa Pestisida pada Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum* L.) dan Uji Mortalitas Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.) di Laboratorium

¹Wahyu Ramadhani Putra Josua, ²Wiwin Windriyanti, ³*Ramadhani Mahendra Kusuma

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia.

*Corresponding Author e-mail: ramadhani_mahendra.agro@upnjatim.ac.id

Received: October 2025; Revised: November 2025; Accepted: December 2025; Published: December 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi senyawa pestisida dalam nanopartikel ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) dan menguji efektivitas mortalitasnya terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium. Sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode gelasi ionik menggunakan kitosan-TPP, yang selanjutnya dikarakterisasi menggunakan PSA, SEM, FT-IR, dan GC-MS. Hasil karakterisasi menunjukkan ukuran partikel 930,52 nm dengan distribusi yang homogen (PDI 0,147). Analisis GC-MS berhasil mengidentifikasi senyawa organosulfur bioaktif utama, yaitu diallyl disulfide (20,72%), diallyl trisulfide (14,16%), dan diallyl tetrasulfide (5,79%). Uji bioaktivitas dengan metode *sandwich* pada lima variasi konsentrasi (0-1%) menunjukkan mortalitas tertinggi mencapai 70% pada konsentrasi 1%. Analisis probit menghasilkan nilai LC_{50} 1,116% dan LC_{90} 1,720%, serta nilai LT_{50} 5,117 hari dan LT_{90} 9,893 hari. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antara semua perlakuan dengan kelompok kontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa formulasi nanopartikel ekstrak bawang putih berpotensi sebagai nano-bioinsektisida yang efektif, dengan pola kerja yang bersifat *dose-dependent* dan *time-dependent* dalam mengendalikan larva *S. litura*.

Kata Kunci: Allicin; bioaktivitas; bioinsektisida; organosulfur; senyawa volatil

Abstract: This study aims to characterize the pesticide compounds in garlic (*Allium sativum* L.) extract nanoparticles and test their mortality effectiveness against armyworms (*Spodoptera litura* F.) in the laboratory. Nanoparticle synthesis was carried out using the ionic gelation method with chitosan-TPP, which was subsequently characterized using PSA, SEM, FT-IR, and GC-MS. The characterization results showed a particle size of 930.52 nm with a homogeneous distribution (PDI 0.147). GC-MS analysis successfully identified the main bioactive organosulfur compounds, namely diallyl disulfide (20.72%), diallyl trisulfide (14.16%), and diallyl tetrasulfide (5.79%). Bioactivity testing using the sandwich method at five concentration variations (0-1%) showed the highest mortality reaching 70% at a 1% concentration. Probit analysis yielded values of LC_{50} 1.116% and LC_{90} 1.720%, as well as LT_{50} 5.117 days and LT_{90} 9.893 days. Statistical test results indicated a significant difference ($p < 0.05$) between all treatments and the control group. Thus, it can be concluded that the garlic extract nanoparticle formulation has the potential to be an effective nano-bioinsecticide, with a mode of action that is dose-dependent and time-dependent in controlling *S. litura* larvae.

Keywords: Allicin; bioactivity; bioinsecticide; organosulfur; volatil compound

How to Cite: Josua, W. R. P., Windriyanti, W., & Kusuma, R. M. (2025). Karakterisasi Senyawa Pestisida pada Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum* L.) dan Uji Mortalitas Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.) di Laboratorium. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(4), 2718–2729. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.18441>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.18441>

Copyright© 2025, Josua et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap gangguan ketahanan pangan, terutama akibat dampak perubahan iklim yang semakin intensif. Perubahan iklim tidak hanya memengaruhi pola curah hujan dan suhu, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan distribusi, populasi, dan intensitas serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) pada berbagai komoditas pertanian (Elika et al., 2025). Kondisi ini menjadi tantangan serius bagi

sektor pertanian karena dapat menurunkan produktivitas dan mengancam keberlanjutan sistem pangan nasional.

Salah satu OPT yang menjadi perhatian utama adalah ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius), yaitu hama serangga polifag yang memiliki daya rusak tinggi. *Spodoptera litura* mampu menyerang berbagai jenis tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman industri, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi yang besar (Arifin, 2012; Yanuwadi, 2013). Pada fase larva, hama ini memiliki kemampuan konsumsi daun yang sangat tinggi, dengan pola serangan yang umumnya terjadi pada malam hari, sementara pada siang hari larva bersembunyi di pangkal tanaman atau di dalam tanah (Benarivo, 2024). Tingkat kerusakan akibat serangan *S. litura* dilaporkan bervariasi, bahkan dapat melebihi 33% pada kondisi serangan berat, yang berdampak langsung pada penurunan hasil panen dan pendapatan petani (Hadisugelar *et al.*, 2025; Satar *et al.*, 2024).

Hingga saat ini, pengendalian *S. litura* di lapangan masih didominasi oleh penggunaan insektisida kimia sintetis. Meskipun mampu menekan populasi hama secara cepat, penggunaan insektisida kimia secara intensif dan berulang telah menimbulkan berbagai permasalahan serius. Beberapa di antaranya adalah munculnya resistensi hama, menurunnya populasi musuh alami dan organisme non-target, pencemaran lingkungan, serta residu kimia pada produk pertanian (Naftaly *et al.*, 2024). Selain itu, penggunaan insektisida kimia juga berdampak pada peningkatan biaya produksi dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi petani dan konsumen (Buchori *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan, aman, dan berkelanjutan.

Pengembangan bioinsektisida nabati menjadi salah satu alternatif pengendalian yang menjanjikan. Bioinsektisida berbahan alami dinilai lebih aman karena mudah terurai di lingkungan, memiliki selektivitas yang lebih tinggi terhadap hama sasaran, serta relatif minim dampak negatif terhadap ekosistem (Agadhia *et al.*, 2022). Selain itu, insektisida nabati bersifat ekonomis karena bahan bakunya mudah diperoleh dan biaya produksinya relatif rendah, sehingga berpotensi menekan biaya usaha tani (Azizah, 2021). Salah satu tanaman yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan bioinsektisida adalah bawang putih (*Allium sativum* L.), yang telah lama dikenal memiliki aktivitas biologis terhadap serangga hama.

Bawang putih mengandung berbagai senyawa bioaktif, terutama dari golongan organosulfur, seperti allicin, diallyl disulfide, dan diallyl trisulfide, yang bersifat toksik terhadap serangga (Yun *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2020; Ramirez *et al.*, 2021). Mekanisme kerja senyawa aktif bawang putih terhadap serangga bersifat multifungsi. Senyawa saponin dilaporkan mampu merusak membran sel pada saluran pencernaan larva, sedangkan senyawa sulfur seperti allicin dapat mengganggu aktivitas enzim dan merusak integritas membran sel (Kusuma *et al.*, 2025). Allicin sendiri merupakan senyawa utama dalam sistem pertahanan bawang putih (Yamaguchi & Kumagai, 2019). Selain itu, flavonoid yang terkandung dalam bawang putih berperan sebagai inhibitor respirasi dengan menghambat sistem transpor elektron pada sel serangga (Yusup & Ukit, 2021).

Meskipun memiliki potensi besar, aplikasi ekstrak nabati secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti volatilitas senyawa aktif, ketidakstabilan formulasi, dan degradasi yang cepat akibat pengaruh cahaya, suhu, dan faktor lingkungan lainnya. Teknologi nano menawarkan solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Formulasi ekstrak nabati dalam bentuk nanopartikel dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja bahan aktif pestisida. Ariningsih (2016) menyatakan bahwa nanoteknologi mampu meningkatkan pemanfaatan bahan aktif melalui peningkatan

stabilitas dan efisiensi penyerapan. Lebih lanjut, formulasi nano dapat melindungi senyawa aktif dari degradasi, memungkinkan pelepasan terkendali (controlled release), memperpanjang durasi efektivitas, serta mengurangi frekuensi aplikasi di lapangan (Hazafa et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi senyawa pestisida dalam nanopartikel ekstrak bawang putih (*Allium sativum* L.) serta menguji efektivitasnya terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) secara in vitro di laboratorium. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan bioinsektisida nabati berbasis nanoteknologi sebagai alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini melibatkan kegiatan ekstraksi dan karakterisasi liquid, karakterisasi gas nanopartikel ekstrak *A. sativum*., perlakuan uji mortalitas sederhana dan pengamatan pada *S.litura* yang dilakukan di Laboratorium Kesehatan Tanaman, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dengan menggunakan metode kuantitatif deskriptif yang dimulai dengan pengumpulan data kualitatif karakterisasi morfologi dan gugus fungsi. Data yang diperoleh, seperti pola spektrum, bentuk nanopartikel, atau identifikasi fungsi senyawa, kemudian dianalisis secara deskriptif dengan tinjauan literatur untuk menjelaskan keberadaan senyawa aktif yang berpotensi sebagai pestisida, seperti senyawa sulfur (allicin) yang khas pada *A. sativum* serta data hasil pengamatan mortalitas pada ulat grayak *S.litura*. Data kuantitatif akan didapatkan dari pengukuran partikel, analisis mortalitas, dan perhitungan LC₅₀, LT₅₀, LC₉₀ dan LT₉₀.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 kg bawang putih (*A. sativum*), air aquades, *Carboximetyl Chitosan*, asam asetat, etanol 96%, larutan kitosan 0,5%, tween80, larutan TPP 0,5%. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu toples, pinset, kuas, gelas ukur, pipet, timbangan analitik, *Rotary Evaporator*, *Gelas Beaker*, *Aluminium Foil*, *Magnetic Stirrer*, *Shaker*, *Corong Buchner*, *Sonikator*, *Sentrifuge*, *Test Tube*, *Particle Size Analyzer (PSA)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)* dan alat tulis. Perlakuan yang disiapkan dalam pengujian nanopartikel ekstrak bawang putih (*A.sativum*) ialah lima konsentrasi nanopartikel 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1,0% (b/v) dan kontrol negatif (aquades dan Tween80 10%). Penyesuaian konsentrasi dosis perlakuan yang digunakan untuk membunuh hama serupa dengan menggunakan nanopartikel bioinsektisida ialah 0%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% (Harahap, 2021).

Tabel 1. Dosis pembuatan larutan konsentrasi nanopartikel ekstrak bawang putih

Konsentrasi (%)	Berat Serbuk Nannopartikel (g)	Volume Aquades + 10% Tween80 (ml)
0%	0	100
0,4%	0,4	100
0,6%	0,6	100
0,8%	0,8	100
1%	1,0	100

Penelitian ini berskala laboratorium dan dirancang dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Setiap ulangan terdiri dari 4 larva,

sehingga total yang digunakan yaitu 100 larva. Dengan tingkat mortalitas dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A : Jumlah larva yang mati setiap perlakuan

B : Jumlah larva total

RANCANGAN ACAK LENGKAP

P2 (4)	P0 (2)	P3 (5)	P1 (1)	P4 (3)
P1 (4)	P3 (2)	P0 (5)	P2 (1)	P4 (2)
P4 (5)	P2 (3)	P1 (2)	P3 (4)	P0 (1)
P3 (1)	P4 (1)	P2 (5)	P0 (4)	P1 (5)
P0 (3)	P1 (3)	P4 (4)	P3 (3)	P2 (2)

Keterangan:
 P0 : Kontrol Negatif
 P1 : Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih 0,4%
 P2 : Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih 0,6%
 P3 : Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih 0,8%
 P4 : Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih 1%

(1) : Ulangan 1
 (2) : Ulangan 2
 (3) : Ulangan 3
 (4) : Ulangan 4

Gambar 1. Denah percobaan

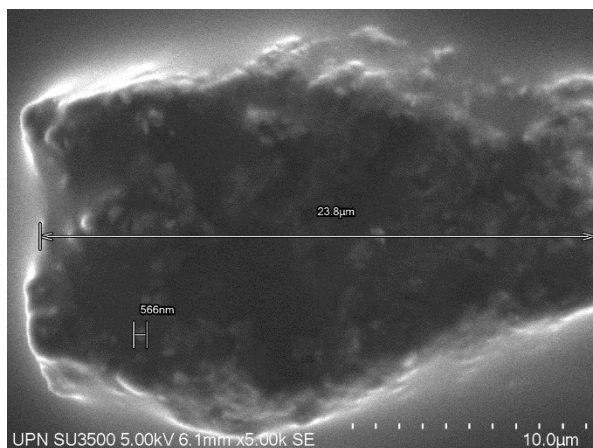
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Morfologi Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA), nanopartikel ekstrak bawang putih menunjukkan ukuran rata-rata hidrodinamik (*Z-Average*) sebesar 930,62 nm, yang mengindikasikan bahwa partikel berhasil diformulasikan dalam skala nanometer. Nilai *Polydispersity Index* (PDI) yang diperoleh sebesar 0,147 mencerminkan distribusi ukuran partikel yang homogen dan monodispers. Hal ini mengonfirmasi bahwa proses sintesis melalui metode gelasi ionik berjalan terkendali dan menghasilkan populasi partikel dengan keseragaman tinggi. Selain itu, simpangan baku (*Std Dev*) pengukuran yang sangat rendah, yaitu 0,38%, menegaskan reliabilitas dan akurasi data yang dihasilkan. Secara keseluruhan, profil ukuran dan keseragaman partikel ini mendukung kelayakan formulasi sebagai sistem penghantaran (*delivery system*) yang stabil untuk senyawa bioaktif bawang putih dalam pengujian bioaktivitas lebih lanjut. Ukuran ini berada pada batas atas rentang skala nano (1-1000 nm), namun demikian masih memenuhi kriteria sebagai nanopartikel menurut standar yang ditetapkan dalam literatur (Jannah, 2020).

Berdasarkan hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM), morfologi nanopartikel bawang putih tampak dengan karakteristik yang spesifik. Hasil uji menunjukkan bentuk yang umumnya cenderung bulat (*spherical*) hingga agak tidak beraturan (*irregular*)

dengan ukuran yang homogen pada kisaran nanometer, yaitu 566 nm. Adapun perbedaan ukuran partikel yang diamati pada SEM (566 nm) dengan hasil PSA (930,52 nm) merupakan fenomena yang umum dalam karakterisasi nanopartikel. Hasil PSA merepresentasikan *hydrodynamic diameter*, yaitu ukuran partikel yang termasuk lapisan solvasi (pelarut) dan ion-ion di sekitarnya dalam kondisi terdispersi.



Gambar 2. Hasil SEM nanopartikel ekstrak bawang putih

Karakterisasi Senyawa Pestisida pada Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih

Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak bawang putih mengandung berbagai gugus fungsi penting seperti O–H, C–H, C=O, C–O, dan C–S/S–S, yang menandakan komposisi kompleks dari biopolimer dan senyawa organosulfur. Keberadaan pita C–S dan S–S pada bilangan gelombang 494–548 cm^{-1} ini merupakan bukti langsung bahwa senyawa organosulfur kunci bawang putih, seperti allicin dan turunannya (diallyl sulfide, disulfide, trisulfide), yang bertanggung jawab atas aktivitas insektisida dan antijamur, masih dapat ditemukan setelah proses nanopartikulasi.

Tabel 2. Hasil data pengujian FT-IR pada sampel nanopartikel ekstrak bawang putih

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas	Gugus Fungsi	Jenis Vibrasi	Interpretasi / Keterangan
1	3240,75	85,39	O–H / N–H	Regangan (<i>stretching</i>)	Gugus hidroksil atau amina dari senyawa fenolik, protein, dan polisakarida
2	2922,30	74,54	C–H (alifatik)	Regangan (<i>stretching</i>)	Rantai alkil dari lipid atau komponen organik nonpolar
3	2853,81	77,27	C–H (metilena)	Regangan (<i>stretching</i>)	Rantai hidrokarbon jenuh dalam senyawa organik
4	1741,35	85,13	C=O (karbonil)	Regangan (<i>stretching</i>)	Gugus ester, asam karboksilat, atau oksidasi lipid
5	1543,57	72,30	C–N / N–H	Regangan dan tekukan (<i>amide II</i>)	Protein atau peptida dari komponen biopolimer

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Intensitas	Gugus Fungsi	Jenis Vibrasi	Interpretasi / Keterangan
6	1406,18	71,40	C–H (CH ₂ /CH ₃)	Tekukan (<i>bending</i>)	Gugus metil atau metilena dari senyawa organik
7	1248,75	79,63	C–O / C–N	Regangan (<i>stretching</i>)	Ikatan eter atau amina dari polisakarida dan protein
8	1066,77	51,92	C–O	Regangan (<i>stretching</i>)	Gugus alkohol, eter, atau karbohidrat
9	947,16	73,65	C–O–H / S–O	Regangan (<i>stretching</i>)	Ciri khas gula atau kemungkinan kontribusi sulfur
10	548,73	57,10	C–S / S–S	Regangan (<i>stretching</i>)	Senyawa organosulfur (diallyl sulfide/disulfide)
11	513,45	56,68	C–S / S–S / Si–O	Regangan (<i>stretching</i>)	Gugus sulfurik atau ikatan Si–O–Si yang mungkin berasal dari kontaminasi anorganik minor
12	506,38	57,45	C–S / C–Cl	Regangan (<i>stretching</i>)	Senyawa sulfur atau halogen minor
13	494,46	55,54	C–S	Regangan (<i>stretching</i>)	Gugus sulfurik khas bawang putih (S–S, C–S)

Analisis *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC–MS) yang disajikan pada tabel dilakukan untuk mengidentifikasi komponen senyawa volatil yang terdapat dalam nanopartikel ekstrak bawang putih. Senyawa yang terdeteksi sebagian besar berasal dari kelompok organosulfur, yang merupakan komponen bioaktif khas bawang putih, serta sejumlah kecil senyawa hidrokarbon volatil. Hasil GC–MS menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak bawang putih didominasi oleh senyawa organosulfur volatil seperti Diallyl disulfide, Diallyl trisulfide, dan Diallyl tetrasulfide yang memiliki peran penting dalam bioaktivitas ekstrak.

Tabel 3. Data hasil pengujian GC-MS pada sampel nanopartikel ekstrak bawang putih

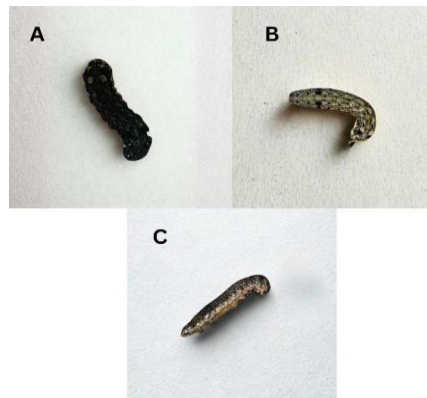
No	Waktu Retensi (menit)	Senyawa Terindikasi	Kadar Relatif (%)	Keterangan / Jenis Senyawa
1	1,479	Butane, 2,2-dimethyl-	5,67	Hidrokarbon volatil (nonpolar)
2	1,756	Pentane, 2,4-dimethyl-	26,50	Hidrokarbon alifatik kemungkinan merupakan sisa pelarut atau komponen volatil alami
3	2,529	1-Hexene, 3,4-dimethyl-	8,90	Hidrokarbon tak jenuh; komponen volatil minor

No	Waktu Retensi (menit)	Senyawa Terindikasi	Kadar Relatif (%)	Keterangan / Jenis Senyawa
4	3,017	Diallyl sulfide	1,93	Senyawa organosulfur; turunan allicin (senyawa aktif bawang putih)
5	4,294	3H-1,2-Dithiole	1,10	Senyawa sulfur siklik; hasil degradasi allicin
6	5,915	Diallyl disulfide	20,72	Senyawa organosulfur utama; berperan sebagai antibakteri dan antioksidan
7	7,083	4-Methyl-1,2,3-trithiolane	3,76	Senyawa sulfur volatile memberikan aroma khas bawang putih
8	9,141	Trisulfide, di-2-propenyl (Diallyl trisulfide)	14,16	Senyawa organosulfur bioaktif; aktivitas antioksidan tinggi
9	10,082	5-Methyl-1,2,3,4-tetrathiane	2,57	Senyawa sulfur siklik hasil transformasi allicin
10	12,258	Tetrasulfide, di-2-propenyl (Diallyl tetrasulfide)	5,79	Senyawa organosulfur rantai panjang; aktivitas biologis kuat
11	12,837	6-Ethyl-4,5,7-trithia-2,8-	1,56	Senyawa organosulfur kompleks minor
12	14,702	5,6-Dithiabicyclo [2.1.1] hexane, 2,3-dimethyl-, 5-oxide	1,03	Produk oksidasi sulfur senyawa volatil minor
13	15,349	1-Allyl-3-(2-(allylthio)propyl)trisulfane	6,32	Senyawa organosulfur turunan trisulfane

Kandungan tinggi senyawa-senyawa tersebut membuktikan bahwa proses pembentukan nanopartikel tidak hanya mempertahankan struktur kimia utama bawang putih, tetapi juga membantu melindungi senyawa aktif agar tetap stabil terhadap pengaruh lingkungan selama penyimpanan dan aplikasi. Dengan demikian, hasil GC-MS secara meyakinkan membuktikan bahwa proses pembuatan nanopartikel berhasil mempertahankan profil senyawa organosulfur bioaktif utama bawang putih, yang menjadi dasar logis untuk aktivitas insektisida yang diuji pada bagian selanjutnya.

Uji Mortalitas *S.litura* terhadap Nanopartikel Ekstrak Bawang Putih

Terlihat perbedaan morfologi yang jelas antara larva mati, larva sehat, dan larva yang menunjukkan kondisi bergejala. Pada larva yang mati, tubuh mengalami penggelapan warna (melanisasi) dan tubuh berair. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wulandari (2025) yang menyatakan bahwa mortalitas ulat grayak akibat kombinasi pestisida nabati ditunjukkan dengan adanya cairan yang keluar dari tubuh ulat grayak dan perubahan warna tubuhnya menjadi gelap serta apabila disentuh tubuh dari ulat grayak tersebut mudah hancur.

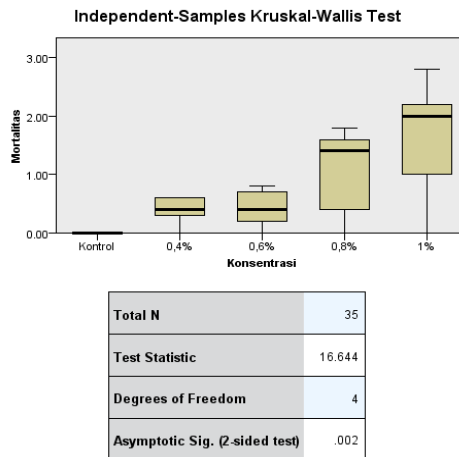


Gambar 3. Gambar perbedaan kondisi ulat saat pengaplikasian sampel (A) Larva *S.litura* mati, (B) Larva *S.litura*. sehat, (C) Larva *S.litura* bergejala

Pada larva bergejala, terlihat tubuh larva mulai mengempes, warnanya menjadi kusam, dan gerakan melemah. Gejala seperti ini mengindikasikan bahwa larva mulai terdampak efek toksik dari nanopartikel ekstrak bawang putih, tetapi. Pada tahap ini, senyawa aktif dari nanopartikel ekstrak bawang putih mulai mengganggu sistem metabolisme dan saraf ulat. Jika gangguan ini berlanjut, sel-sel tubuh ulat bisa rusak permanen dan akhirnya menyebabkan kematian. Hal ini didukung oleh pernyataan dari Wulandari (2025) yang menyatakan bahwa senyawa aktif flavonoid berperan untuk merusak sistem saraf pernafasan ulat grayak dan allicin berperan sebagai pengganggu system metabolisme ulat grayak.

Hasil analisis pendahuluan terhadap data mortalitas ulat grayak selama 7 hari pengamatan menunjukkan bahwa data pada setiap konsentrasi dinyatakan normal berdasarkan hasil uji normalitas ($p > 0,05$). Namun, hasil uji homogenitas ragam memperlihatkan bahwa varians antar perlakuan tidak seragam sehingga data dinyatakan tidak homogen ($p < 0,05$). Ketidakhomogenan varians diduga kuat disebabkan oleh perbedaan respons mortalitas yang sangat ekstrem antara kelompok kontrol (0%) dengan perlakuan konsentrasi tinggi (70%), yang menyebabkan sebaran data tidak setara. Karena asumsi homogenitas dilanggar, peneliti sangat tepat untuk beralih dari ANOVA parametrik ke uji non-parametrik Kruskal-Wallis untuk menguji perbedaan tingkat mortalitas antar konsentrasi, kemudian diteruskan dengan uji lanjut Dunn test dengan koreksi Bonferroni yang untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata.

Berdasarkan hasil uji non-parametrik Kruskal-Wallis terhadap data mortalitas larva ulat grayak (*Spodoptera litura*) setelah perlakuan dengan berbagai konsentrasi nanopartikel ekstrak bawang putih, diperoleh nilai statistik uji sebesar 16,644 dengan derajat bebas ($df = 4$) dan nilai signifikansi Asymp. Sig. = 0,002. Nilai p-value (0,002) ini lebih kecil daripada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam tingkat mortalitas larva di antara kelima kelompok konsentrasi yang diuji.



Gambar 4. Hasil uji non-parametrik Kruskal Wallis

Uji Dunn menunjukkan bahwa hanya konsentrasi 0,8% (Adj. Sig. = 0,029) dan 1% (Adj. Sig. = 0,001) yang berbeda signifikan dari kontrol, sedangkan 0,4% dan 0,6% tidak signifikan (Adj. Sig. > 0,05). Tidak ada perbedaan signifikan antar seluruh kelompok perlakuan (semua Adj. Sig. > 0,05). Temuan ini menunjukkan adanya ambang efektivitas pada 0,8%, di mana efek signifikan mulai muncul. Walaupun 1% menghasilkan mortalitas lebih tinggi (70%) dibanding 0,8% (45%), secara statistik keduanya tidak berbeda, sehingga 0,8% dapat dianggap sebagai konsentrasi efektif minimum.

Tabel 4. Hasil Uji Dunn Test

Kelompok Perlakuan	Adj. Sig
Kontrol - 0,4%	0,510
Kontrol - 0,4%	0,494
Kontrol - 0,4%	0,029
Kontrol - 0,4%	0,001
0,4% - 0,6%	1,000
0,4% - 0,6%	1,000
0,4% - 0,6%	0,559
0,6% - 0,8%	1,000
0,6% - 1%	0,577
0,8% - 1%	1,000

Analisis probit menghasilkan LC_{50} sebesar 1,116% dan LC_{90} sebesar 1,720%, yang berarti diperlukan konsentrasi 1,116% untuk mematikan 50% larva dan 1,720% untuk mematikan 90% larva. Analisis dilakukan pada tingkat kepercayaan 95%. Karena kedua nilai LC tersebut melebihi konsentrasi tertinggi yang diuji (1%), model melakukan ekstrapolasi, sehingga penelitian lanjutan perlu menggunakan rentang konsentrasi lebih tinggi (1,2–2%). Perbedaan nilai $LC_{50} < LC_{90}$ menegaskan bahwa efektivitas meningkat seiring naiknya konsentrasi nanopartikel.

Tabel 5. Hasil analisis probit LC_{50} & LC_{90}

Konsentrasi Letal	Tingkat Kepercayaan	Estimasi
LC_{50}	95%	1.116
LC_{90}	95%	1.720

Hasil analisis probit terhadap waktu letal (LT) pada berbagai konsentrasi nanopartikel ekstrak bawang putih menemukan bahwa semakin tinggi konsentrasi perlakuan, semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk menyebabkan kematian larva ulat grayak. Kontrol memiliki LT_{50} 18,645 hari dan LT_{90} 23,421 hari, menunjukkan kematian larva sangat lambat tanpa perlakuan. Pada konsentrasi 0,4% (LT_{50} 9,329; LT_{90} 14,105) dan 0,6% (LT_{50} 9,242; LT_{90} 14,018), efek mulai terlihat namun tidak jauh berbeda. Konsentrasi 0,8% mempercepat kematian (LT_{50} 6,803; LT_{90} 11,579), sedangkan konsentrasi 1% paling efektif dengan LT_{50} 5,117 hari dan LT_{90} 9,893 hari. Nilai LT dari model probit ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nanopartikel ekstrak bawang putih, semakin cepat tercapai mortalitas, serta waktu kematian jauh lebih cepat dibanding kontrol.

Tabel 6. Hasil analisis probit untuk LT_{50} & LT_{90}

Konsentrasi	Waktu Letal	Tingkat Kepercayaan	Estimasi
Kontrol	LT_{50}	95%	18.645
	LT_{90}		23.421
0,4%	LT_{50}	95%	9.329
	LT_{90}		14.105
0,6%	LT_{50}	95%	9.242
	LT_{90}		14.018
0,8%	LT_{50}	95%	6.803
	LT_{90}		11.579
1%	LT_{50}	95%	5.117
	LT_{90}		9.893

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan nanopartikel ekstrak bawang putih (*A. sativum*) berhasil disintesis dengan ukuran partikel 930,52 nm (PSA) dan morfologi bulat hingga tidak beraturan dengan ukuran 566 nm (SEM), serta memiliki distribusi ukuran yang homogen (PDI 0,147). Karakterisasi menggunakan FT-IR dan GC-MS mengidentifikasi adanya senyawa pestisida dalam nanopartikel, terutama senyawa organosulfur seperti diallyl disulfide (20,72%), diallyl trisulfide (14,16%), dan diallyl tetrasulfide (5,79%) yang merupakan senyawa bio-aktif utama yang bertanggung jawab terhadap aktivitas insektisida. Nanopartikel ekstrak bawang putih efektif dalam membunuh larva ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) dengan mortalitas tertinggi sebesar 70% pada konsentrasi 1%. Nilai LC_{50} dan LC_{90} yang diperoleh masing-masing sebesar 1,116% dan 1,720%, sementara nilai LT_{50} dan LT_{90} pada konsentrasi 1% masing-masing sebesar 5,117 hari dan 9,893 hari, menunjukkan sifat toksisitas yang dose-dependent dan time-dependent.

REKOMENDASI

Penulis merekomendasikan bahwa diperlukan uji efektivitas nanopartikel ekstrak bawang putih pada kondisi lapangan (*in vivo*) untuk mengetahui performa nyata dalam mengendalikan populasi hama ulat grayak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Suarma Irawaty dan Niken Pramesti Anindria yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan bantuan secara moril dan

materil. Serta kepada seluruh pihak laboratorium yang turut membantu proses analisis hasil uji yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agadhia Raharjo, Penta Suryaminarsih, Tri Mujoko, Noni Rahmadhini & Ramadhani Mahendra Kusuma. (2022). Efficacy of Biopesticide Formula Containing *Streptomyces* sp. and *Trichoderma* sp. against Southern Green Stink Bug (*Nezara viridula*) on Soybean (*Glycine max* L.). *Asian Research Journal of Agriculture*, 15(4), 218–226. <https://doi.org/10.9734/arja/2022/v15i4372>
- Alprilia, A. W., Windiyanti, W., & Kusuma, R. M. (2024). The Increase of Insect Pest Population in Paddy Field Managed with an Ecological Approach using Refugia Plants and Biopesticides. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 8(1), 31-41. <https://doi.org/10.25077/jpt.8.1.31-41.2024>
- Arifin, M. (2012). Bioinsektisida SINPV untuk mengendalikan ulat grayak mendukung swasembada kedelai. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 5(1), 19–31. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/18534>
- Ariningsih, E. (2016). Prospek penerapan teknologi nano dalam pertanian dan pengolahan pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1), 1–20. <https://doi.org/10.21082/FAE.V34N1.2016.1-20>
- Azizah, S. F. (2021). Uji efektivitas daun maja (*Aegle marmelos*) sebagai bioinsektisida hama *Plutella xylostella* pada tanaman brokoli Banjarbaru (Vol. 20). <https://doi.org/10.33474/J.SA.V4I1.9965>
- Benarivo, T., Mujoko, T., Widajati, W., & Kusuma, R. M. (2024). Utilization of Babadotan (*Ageratum conyzoides* L) as a Botanical Pesticide for Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae) Pest Control. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 2024(40), 70-76. <https://doi.org/10.11594/nstp.2024.4013>
- Buchori, D., & Maryana, N. (2021). Pengendalian Hama Invasif Ulat Grayak Jagung (UGJ) *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) yang Ramah Lingkungan. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*, 3(1), 137-142. <https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0301.137-142>
- Elika Joeniarti, E., Abbas, S., Istiqomah, I., Nurcahyanti, S. D., Tanzil, A. I., Taufiqurrahman, A. F., Rahman, F. N., Kusuma, R. M., Ikawati, S., Safitri, D., Afiefah, C. N., & Choliq, F. A. (2025). Hama dan penyakit tanaman hortikultura: Identifikasi dan pengendalian. Azzia Karya Bersama. <https://karyailmiah.id/publikasi/hama-dan-penyakit-tanaman-hortikultura-identifikasi-dan-pengendalian/>
- Hadisugelar, D. (2025). The Potential Pests Of Corn Armyworm (*Spodoptera litura*) In The Food Estate Indonesia-Timor Leste Border Area: Indonesia. *Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian (JIPANG)*, 7(01), 1-6. <https://doi.org/10.36526/jipang.v7i01.4886>
- Harahap, R. A. (2021). Efektifitas nanopartikel bioinsektisida *Tithonia diversifolia* terhadap mortalitas *Spodoptera frugiperda* pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area). <https://repository.uma.ac.id/handle/123456789/15773>
- Hazafa, A., Murad, M., Masood, M. U., Bilal, S., Khan, M. N., Farooq, Q. & Shakir, M. (2022). Nano-Biopesticides as an Emerging Technology for Pest. *Insecticides: Impact and Benefits of Its Use for Humanity*, 407. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101285>

- Jannah, T. R. (2020). *Uji antimikroba nanopartikel bawang putih terhadap Candida albicans, Staphylococcus aureus dan Escherichia coli* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <https://doi.org/10.63071/feh5dz61>
- Kusuma, R. M., Windriyanti, W., & Simanjuntak, R. G. (2025). *Pengantar entomologi pertanian*. Karya Buku dan Jurnal Indonesia: Padang, Sumatera Barat.
- Naftaly, B. D. C., Windriyanti, W., Asnan, T. A. W., & Kusuma, R. M. (2024). Effectiveness of Peppermint (*Mentha piperita*) and Nutmeg (*Myristica fragrans*) Essential Oil on Mortality of Storage Pest *Tribolium castaneum*. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 2024(39), 5-9. <https://doi.org/10.11594/nstp.2024.3902>
- Ramirez, D. A., Altamirano, J. C., & Camargo, A. B. (2021). *Multi-phytochemical determination of polar and non-polar garlic bioactive compounds in different food and nutraceutical preparations*. *Food Chemistry*, 337, 127648. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127648>
- Satar, J., Budiasih, B., & Sondari, N. (2024). Pengendalian Hama Ulat Grayak (*Spodoptera Litura F.*) Pada Beberapa Varietas Padi (*Oryza Sativa L.*) di Cikaum Subang Jawa Barat. *Jurnal Greenation Pertanian dan Perkebunan*, 2(2), 69-74. <https://doi.org/10.38035/jgpp.v2i2.182>
- Syah, W. B., & Purwani, K. I. (2016). Pengaruh ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva *Spodoptera litura*. *Jurnal Sains dan Seni*, 5(2), 24–30. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.20528>
- Wulandari, D., Lutfiyah, N., & Akbar Ramadhan, D. (2025). Pengaruh kombinasi pestisida nabati terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura F.*) secara *in vitro*. *KAMBIUM Jurnal Pertanian*, 1(1), 12–19. <https://doi.org/10.32492/kambium.v1i1.901>
- Yamaguchi, Y., & Kumagai, H. (2020). *Characteristics, biosynthesis, decomposition, metabolism and functions of the garlic odour precursor, S-allyl-L-cysteine sulfoxide*. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 19(2), 1528–1535. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8385>
- Yanuwiadi, B., Leksono, A. S. H., H. G., & Fathoni, M. (2013). *Potensi ekstrak daun sirsak, biji sirsak dan biji mahoni untuk pengendalian ulat grayak (Spodoptera litura L.)*. *Natural B*, 2(1), 88–93. <https://doi.org/10.21776/ub.natural-b.2013.002.01.13>
- Yu, J., Shan, Y., Li, S., & Zhang, L. (2020). *Potential contribution of Amadori compounds to antioxidant and angiotensin I converting enzyme inhibitory activities of raw and black garlic*. *LWT*, 129, 109553. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109553>
- Yun, H.-M., Ban, J. O., Park, K.-R., Lee, C. K., Jeong, H.-S., Han, S. B., & Hong, J. T. (2014). *Potential therapeutic effects of functionally active compounds isolated from garlic*. *Pharmacology & Therapeutics*, 142, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2013.12.005>
- Yusup, I. R., & Ukit, U. (2021). Perbandingan daya toksisitas biopestisida bawang putih (*Allium Sativum*) dan daun sirsak (*Annona Muricata*) pada hama tanaman kubis (*Plutella Xylostella*). In *Gunung Djati Conference Series*(Vol. 6, pp. 193-198). <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/509>