



# Pemanfaatan Bakteri Kitinolitik dari Limbah Kulit Udang Sebagai Biopestisida Berkelanjutan terhadap *Drosophila* Sp. dalam Sistem Hortikultura

Nin Suharti Hasibuan<sup>1\*</sup>, Nelma<sup>2</sup>, Suryani Mf. Situmeang<sup>3</sup>, Suliati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Kementerian Kesehatan Politeknik Kesehatan Medan

DOI:

<https://doi.org/10.47134/biology.v3i1.5018>

\*Correspondensi: Nin Suharti

Email: [fardin.hasibuan123456@gmail.com](mailto:fardin.hasibuan123456@gmail.com)

Received: 03-09-2025

Accepted: 15-10-2025

Published: 28-11-2025



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

mendegradasi komponen kitin pada eksoskeleton larva, menyebabkan kerusakan struktural dan gangguan fisiologis yang berujung pada kematian. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa enzim kitinase memiliki potensi besar sebagai agen biopestisida ramah lingkungan yang efektif, ekonomis, dan berkelanjutan. Selain itu, pemanfaatan limbah kulit udang sebagai sumber bioteknologi terapan tidak hanya memberikan solusi terhadap permasalahan limbah industri perikanan, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular, inovasi hijau, serta penerapan pertanian hortikultura yang lebih aman bagi manusia, ekosistem, dan keberlanjutan lingkungan jangka panjang.

**Katakunci:** Kitinase; Bakteri Kitinolitik; Lalat Buah (*Drosophila* sp.); Hortikultura; Limbah kulit udang

**Abstract:** *This study aims to evaluate the potential of chitinase enzymes produced by chitinolytic bacteria isolated from shrimp shell waste as a biological pesticide against fruit fly larvae (*Drosophila* sp.). The research was conducted in three main stages: isolation and identification of chitinolytic bacteria, assessment of chitinase enzyme activity, and evaluation of enzyme effectiveness in inducing larval mortality. White shrimp (*Penaeus merguensis*) shells were used as a natural source of chitin-rich substrate for bacterial growth. Three bacterial strains—*Vibrio* sp., *Bacillus* sp., and *Pseudomonas* sp.—were successfully isolated, all exhibiting chitinolytic activity indicated by clear zones on chitin agar medium. Morphological and biochemical characterization, including Gram staining, motility, and sugar fermentation tests, confirmed these results. The effectiveness assay revealed that chitinase filtrates at concentrations above 50% significantly increased larval mortality, with the fastest death occurring at 100% concentration within 10 minutes and 15 seconds, while concentrations below 40% had no lethal effect. The enzyme acts by degrading the chitin component of the larval exoskeleton, resulting in structural damage and physiological disruption that lead to death. The findings confirm that chitinase enzymes from chitinolytic bacteria possess strong potential as eco-friendly, low-cost, and sustainable biopesticides. Additionally, utilizing shrimp shell waste as a biotechnological resource not only mitigates fishery waste problems but also supports the circular economy, promotes green innovation, and advances sustainable horticultural practices that are safe for humans, environmentally responsible, and aligned with global goals for ecological resilience and long-term agricultural sustainability.*

**Keywords:** Chitinase; Chitinolytic Bacteria; Fruit Fly (*Drosophila* sp); Horticulture; Shrimp Shell Waste

## Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam meningkatkan perekonomian. Selain berkontribusi pada pendapatan produk domestik bruto, sektor pertanian juga menyumbang pada penyediaan lapangan kerja, penyumbang devisa, dan pemasok ketersediaan pangan. Indonesia adalah negara agraris dan tropis yang kaya akan berbagai tanaman hortikultura (Farhan E.,2021). Sektor pertanian di Indonesia merupakan salah satu sektor terbesar karena Indonesia adalah negara agraris. Tanaman hortikultura merupakan sumber utama pangan dan pendapatan bagi masyarakat Indonesia karena memiliki harga tinggi dan menawarkan peluang untuk bersaing di pasar. Tanaman hortikultura terdiri dari sayur-sayuran, buah-buahan, biofarmaka (tanaman obat), dan tanaman hias. Produksi hortikultura di Indonesia dari tahun 2021 hingga 2023 ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini (Pertanian K., 2024).

**Tabel 1.** Produksi Hortikultura di Indonesia

No	Jenis Hortikultura	2023	2022	2021
1	Vegetables (Ton)	14.607.750	15.270.427	14.803.776
2	Fruits (Ton)	28.667.649	28.175.535	26.584.215
3	Medicinal Plants (Biofarmaka) (Ton)	785.200.341	860.671.041	899.565.439
4	Ornamental Plants			
	Ornamental Plants (Tangkai)	811.724.668	710.043.391	615.539.640
	Ornamental Plants (Batang)	40.660.413	44.721.902	55.611.971
	Ornamental Plants (Kg)	21.709.881	25.057.506	28.124.669

Hama adalah organisme yang tidak diinginkan dalam kegiatan pertanian karena dapat menyebabkan kerusakan dan kegagalan panen, yang mengakibatkan penurunan hasil produksi dan gangguan dalam proses penyimpanan (Awan S. et al.,20121). Perubahan ekosistem adalah salah satu penyebab wabah hama, yang dapat dipicu oleh faktor alami atau manusia, menyebabkan populasi yang semakin buruk dan tidak seimbang. Hama tanaman merupakan musuh alami, sehingga potensi wabah hama relatif tinggi.

Lalat buah adalah salah satu hama paling signifikan yang menyerang tanaman buah. Serangan oleh lalat buah (*Drosophila* sp.) dapat merusak kualitas buah. Lalat buah merupakan hama serius yang memengaruhi produksi dan pemasaran buah. Kerusakan dapat menjadi lebih parah akibat infeksi sekunder oleh bakteri atau jamur, yang menyebabkan pembusukan buah. Serangan lalat buah pada buah muda dapat menghasilkan bentuk yang tidak normal, buah busuk, dan bahkan gugur. Pada buah yang lebih tua, hama ini menyebabkan pembusukan basah, karena bakteri dan jamur sering menginfeksi lubang larva. Lalat buah umumnya menyerang buah dengan tekstur lunak. Salah satu contohnya adalah buah jeruk (*Citrus* sp.). Buah yang terserang lalat buah biasanya memiliki lubang kecil di tengah dan mungkin menunjukkan bintik-bintik hitam

atau tanda dari ovipositor lalat betina saat bertelur di buah. Lalat buah betina dapat menembus kulit jeruk hingga kedalaman 6 mm untuk meletakkan telurnya. Aktivitas hama di dalam daging buah, bersama dengan infeksi sekunder, dapat menyebabkan buah membusuk dan gugur. Lalat buah biasanya menyerang buah yang hampir matang, karena zat manis dalam buah berfungsi sebagai makanan bagi lalat buah.

Perlindungan pertanian sangat penting untuk mencegah serangan hama tanaman. Salah satu cara efektif untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh hama tanaman adalah melalui pendekatan alami, khususnya melalui metode mikrobiologi, seperti penggunaan enzim kitinase. Enzim kitinase dapat memecah kitin, komponen utama eksoskeleton lalat buah, yang terutama terdiri dari kitin, sebuah polisakarida yang memberikan kekuatan dan perlindungan. Enzim kitinase mendegradasi kitin menjadi fragmen yang lebih kecil, sehingga mengganggu integritas eksoskeleton lalat buah. Tanpa eksoskeleton yang utuh, lalat buah menjadi lebih rentan terhadap kerusakan fisik dan serangan patogen.

Enzim kitinase juga dapat mengganggu perkembangan lalat buah, karena kitin adalah komponen penting dari dinding sel telur dan larva lalat buah (Halim, Y. et al., 2020). Dengan memecah kitin, kitinase dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan lalat buah, mengurangi populasi yang mampu bereproduksi dan menyerang tanaman. Berbagai organisme dapat menghasilkan enzim kitinase, termasuk bakteri, jamur, tanaman, hewan, dan manusia. Penelitian ini berfokus pada enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri kitinolitik, yang menghasilkan enzim kitinase. Bakteri kitinolitik tumbuh dengan mudah pada organ yang kaya akan kitin, seperti kulit udang, yang melimpah dengan kitin dan berfungsi sebagai sumber karbon dan nitrogen bagi bakteri untuk tumbuh. Kitin adalah polimer alami yang melimpah yang ditemukan dalam eksoskeleton krustasea seperti udang. Memanfaatkan kitin dari kulit udang untuk mendapatkan bakteri kitinolitik sebagai agen biologis adalah layak. Kitin adalah polisakarida yang tersedia secara luas, dan telah digunakan secara luas di berbagai bidang, termasuk biokimia, farmasi, dan biopestisida.

Penelitian ini menggunakan enzim kitinase yang diekstraksi dari bakteri kitinolitik yang dikultur pada kulit udang sebagai metode ramah lingkungan untuk mengendalikan hama lalat buah. Pendekatan ini unik karena memanfaatkan kulit udang sebagai sumber bakteri penghasil kitinase. Kemudian dioptimalkan untuk menargetkan dan menghambat perkembangan larva lalat buah. Metode ini menawarkan alternatif biologis yang lebih aman daripada insektisida kimia yang umum digunakan dan memanfaatkan produk sampingan dari industri perikanan. Penelitian ini berkontribusi pada inovasi dalam pengendalian hama dengan mengeksplorasi metode ramah lingkungan menggunakan enzim kitinase, memberikan solusi baru yang dapat mengurangi ketergantungan pada insektisida kimia. Ini juga menambah nilai pada limbah perikanan, khususnya kulit udang, dengan menggunakannya sebagai media untuk mengkultur bakteri penghasil kitinase. Melalui eksplorasi dan optimalisasi enzim kitinase dari bakteri kitinolitik, penelitian ini membuka peluang untuk mengembangkan biopestisida yang lebih efektif dan spesifik terhadap hama tertentu, dalam hal ini larva lalat buah. Dengan mengurangi penggunaan insektisida kimia, penelitian ini dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia sambil mempromosikan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan..

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap: isolasi bakteri, enzim kitinolitik kitinase, dan efektivitas enzim kitinase dalam membasmi larva lalat buah.

### Isolasi Bakteri

Proses isolasi bertujuan untuk mendapatkan bakteri dalam koloni tunggal dari populasi campuran bakteri kitinolitik yang berasal dari kulit udang putih. Ada tiga tahap dalam proses isolasi bakteri ini: persiapan spesimen, identifikasi bakteri, dan pengujian koloni bakteri.

#### 1. Persiapan Spesimen

Penelitian ini menggunakan sampel kulit udang putih, yang diolah menjadi larutan dan diseleksi pada media Nutrient Broth (NB). Bakteri dikembangkan pada media Nutrient Agar (NA) yang disiapkan dengan air suling steril. Kultivasi dilanjutkan pada media Modified Glucose Mineral Chitin untuk mengamati aktivitas enzim melalui zona bening. Isolat diinkubasi pada suhu 29°C selama 1-5 hari, dengan hasil positif ditunjukkan oleh zona bening di sekitar koloni. Koloni bening disubkultur untuk mendapatkan isolat murni. Peralatan yang digunakan meliputi shaker, autoklav, oven, dan inkubator. Tahap isolasi bertujuan untuk mendapatkan koloni tunggal bakteri kitinolitik dari kulit udang putih dengan menginkubasi pada suhu 29°C selama 24 jam. Bakteri diisolasi dan dikultur ulang pada media NA untuk mendapatkan koloni tunggal, yang kemudian diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis, termasuk identifikasi biokimia dengan berbagai uji gula dan kimia. Dilusi dilakukan menggunakan 10 tabung uji untuk mendapatkan suspensi yang homogen. Bakteri kitinolitik ditandai dengan zona bening di sekitar koloni, kemudian dimurnikan dan ditumbuhkan pada media miring untuk karakterisasi dan identifikasi hingga tingkat genus.

#### 2. Identifikasi Bakteri

Identifikasi bakteri dilakukan dalam dua tahap:

- a. Observasi Morfologi Koloni
- b. Observasi morfologi koloni mencakup bentuk dan warna koloni pada media kitin.
- c. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan untuk membedakan antara bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Bakteri uji dioleskan pada kaca objek dan difiksasi dengan pemanasan. Setelah itu, sediaan bakteri ditetesi dengan gentian violet selama 1 menit, kemudian ditetesi larutan lugol selama 1 menit juga. Sediaan dicuci dengan alkohol 95% sebagai dekolorisasi selama 30 detik dan dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya, sediaan ditetesi dengan pewarna safranin selama 30 detik agar warna dapat meresap, lalu kembali dibilas dengan air mengalir. Sediaan dikeringkan menggunakan kertas saring, kemudian

ditetesi minyak immersi, dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x.

### 3. Pengujian Koloni Bakteri

Pengujian koloni bakteri dilakukan melalui beberapa tes:

#### **Uji Biokimia**

Koloni bakteri diambil dengan loop inokulasi dan diinokulasi ke tabung yang berisi glukosa, laktosa, manitol, maltosa, dan sukrosa, kemudian diinkubasi pada suhu 29°C selama 18-24 jam. Perubahan warna media menjadi kuning menunjukkan produksi asam, dan gelembung di tabung Durham menunjukkan pembentukan gas.

#### **Uji Sulfida Indol Motilitas (SIM)**

Koloni diinokulasi ke media semi-padat dengan menusuk, kemudian diinkubasi pada suhu 29°C selama 18-24 jam. Motilitas bakteri ditunjukkan oleh penyebaran koloni, reaksi urease positif ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi merah muda, dan reaksi indol positif ditunjukkan oleh cincin merah di permukaan.

#### **Uji Sitrat**

Koloni diinokulasi secara zig-zag pada media agar sitrat Simmons, kemudian diinkubasi pada suhu 29°C selama 18-24 jam. Warna biru menunjukkan hasil positif, sedangkan warna hijau menunjukkan reaksi negatif.

#### **Uji Metil Merah (MR)**

Koloni diinokulasi dan diinkubasi pada suhu 29°C selama 18-24 jam, diikuti dengan penambahan indikator metil merah. Warna merah menunjukkan reaksi positif.

#### **Uji Voges-Proskauer (VP)**

Koloni diinokulasi pada media MR-VP, diinkubasi pada suhu 29°C selama 18-24 jam, dan kemudian reagen Barritt ditambahkan. Reaksi positif ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi merah muda.

#### **Uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA)**

Koloni dipindahkan ke agar miring TSIA dan diinkubasi pada suhu 29°C selama 12-24 jam. Perubahan warna dari oranye menjadi kuning menunjukkan fermentasi glukosa, sedangkan warna hitam menunjukkan pembentukan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S). Jika bakteri memfermentasi laktosa dan sukrosa, media berubah menjadi kuning; jika tidak, media tetap oranye.

#### **Kitinolitik Enzim Kitinase**

Enzim yang dihasilkan oleh bakteri kemudian diuji dengan uji kitinolitik, yang digunakan untuk mendeteksi aktivitas enzim kitinase. Sebelum menguji aktivitas enzim, konsentrasi sel bakteri dalam suspensi disesuaikan dengan standar McFarland 0,5, setara dengan 1,5 x 10<sup>8</sup> colony forming unit (CFU)/mili liter (ml). Standar McFarland bertujuan untuk mengontrol jumlah bakteri dalam suspensi sehingga uji kitinolitik dapat dilakukan dengan konsentrasi bakteri yang seragam dan menghasilkan hasil yang dapat diulang.

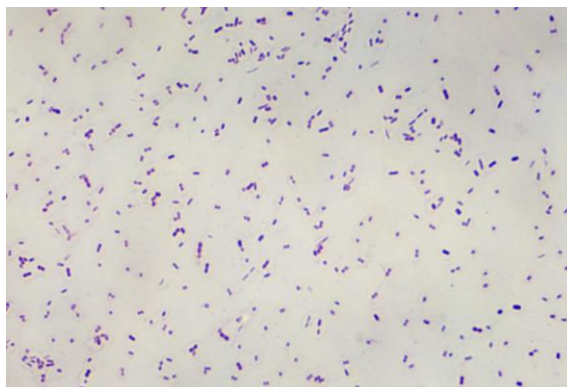
#### **Uji Efektivitas Enzim Kitinase dalam Membunuh Larva**

Uji ini dilakukan untuk menentukan efektivitas enzim kitinase dalam membunuh larva lalat. Prosedurnya melibatkan persiapan berbagai konsentrasi filtrat enzim (40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%). Larva kemudian diekspos ke berbagai konsentrasi ini untuk mengamati kemampuan enzim untuk membunuh larva pada setiap tingkat konsentrasi. Proses ini membantu menentukan konsentrasi optimal enzim kitinase untuk aktivitas dalam membunuh larva lalat.

## Hasil dan Pembahasan

### Isolasi Bakteri

Penelitian menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari kulit udang putih (*Penaeus Merguensis*) dapat tumbuh dan berkembang pada media uji. Sampel kulit udang putih diisolasi untuk mendapatkan bakteri dalam koloni tunggal. Bakteri diisolasi berdasarkan bentuk, ukuran, dan warna koloni. Hasil pemurnian menunjukkan bahwa beberapa koloni dikelompokkan berdasarkan warna dan bentuknya, dan dari pengelompokan ini, tiga isolat bakteri diperoleh. Isolat ini mencakup yang berwarna putih susu, coklat, dan kuning. Bakteri kemudian diidentifikasi untuk menentukan karakteristik masing-masing koloni bakteri. Koloni yang diisolasi dipilih berdasarkan bentuk yang berbeda. Isolat diberi label sebagai 1, 2, dan 3, masing-masing dengan morfologi koloni yang berbeda. Pengamatan mikroskopis pada perbesaran 100x menunjukkan bahwa sel bakteri berbentuk batang. Berdasarkan pewarnaan Gram, dinding sel berwarna merah, menunjukkan bahwa bakteri ini adalah Gram-negatif seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Gambar Dinding Sel Berdasarkan Pewarnaan Gram

Berikut adalah tabel yang menjelaskan karakteristik bakteri, dicocokkan dengan referensi yang ada secara makroskopis dengan mengamati ukuran, bentuk, warna, permukaan, dan sifat koloni, diikuti dengan identifikasi mikroskopis dengan mengamati bentuk, warna, sifat pewarnaan, dan susunan bakteri melalui pewarnaan Gram.

**Tabel 2.** Hasil Morfologi Koloni Dan Pewarnaan Gram

Karakteristik	Isolate 1			Isolate 2			Isolate 3		
ik	K1	K2	K3	L1	L2	L3	M1	M2	M3

<b>Gram staining</b>	Gram bacillus +	Gram bacillus +	Gram bacillus -	Gram bacillus +	Gram bacillus +	Gram bacillus +	Gram bacillus -	Gram bacillus +	Gram bacillus +
<b>Color</b>	Cream	Cream	White	Cream	White	White	White	White	White
<b>Shape</b>	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod	Rod
<b>Surface</b>	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat
<b>Size</b>	Small	Small	Small	Small	Small	Small	large	Small	Small
<b>TSIA</b>	k/a g + H <sub>2</sub> S +	k/k g - H <sub>2</sub> S -	k/k g - H <sub>2</sub> S -	k/a g + H <sub>2</sub> S +	k/a g + H <sub>2</sub> S +	k/k g + H <sub>2</sub> S +	k/k g - H <sub>2</sub> S -	k/a g + H <sub>2</sub> S +	k/a g + H <sub>2</sub> S +
<b>Simon Citrate</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Sulfur</b>	-	-	-	+	+	-	-	+	+
<b>Indole</b>	+	+	-	+	+	+	-	+	+
<b>Motility</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Glucose</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<b>Lactose</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<b>Mannitol</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<b>Maltose</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	+
<b>Sucrose</b>	+	-	-	+	+	+	-	+	+

Isolasi bakteri kitinolitik dari limbah kulit udang menghasilkan tiga isolat: *Vibrio* sp., *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp.

### Uji Kitinolitik Enzim Kitinase

Pengujian ini didasarkan pada hasil pewarnaan, reaksi biokimia, rangkaian uji gula, morfologi koloni, serta adanya zona bening di sekitar koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media agar yang mengandung kitin. Pembentukan zona bening ini menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi mampu menghasilkan enzim kitinase untuk menguraikan kitin. Sumber karbon dalam kitin, setelah diuraikan oleh bakteri kitinolitik, dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan bakteri tersebut. Menurut Miftahul (2018) dan Soeka & Triana (2016), kitinase adalah enzim yang mampu mengkatalisis pemecahan kitin menjadi komponen monomer. Enzim ini ditemukan pada berbagai organisme seperti bakteri, serangga, jamur, hewan, dan tumbuhan. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat termasuk dalam kelompok Gram-negatif.

Temuan ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Tri Ernawati (2016), yang menyatakan bahwa beberapa bakteri kitinolitik, termasuk genus *Pseudomonas*, merupakan bakteri Gram-negatif yang ditandai dengan warna merah akibat penyerapan zat pewarna safranin. Uji motilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan gerak bakteri, dan hasil motilitas positif ditandai dengan adanya filamen pada media uji, yang menunjukkan bahwa bakteri bergerak ke permukaan untuk mencari oksigen (Ahmad, 2025). Hasil isolasi bakteri kitinolitik dari limbah kulit udang menunjukkan adanya aktivitas kitinolitik, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni yang tumbuh pada media kitin seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Zona Bening

Hasil isolasi bakteri kitinolitik dari limbah kulit udang menunjukkan isolat dengan aktivitas kitinolitik, ditunjukkan oleh zona bening di sekitar koloni yang ditumbuhkan pada media kitin.

### Uji Konsentrasi Filtrat Kitinase

Hasil uji konsentrasi filtrat kitinase dari enzim kitinase terhadap larva lalat buah *Drosophila sp.* ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

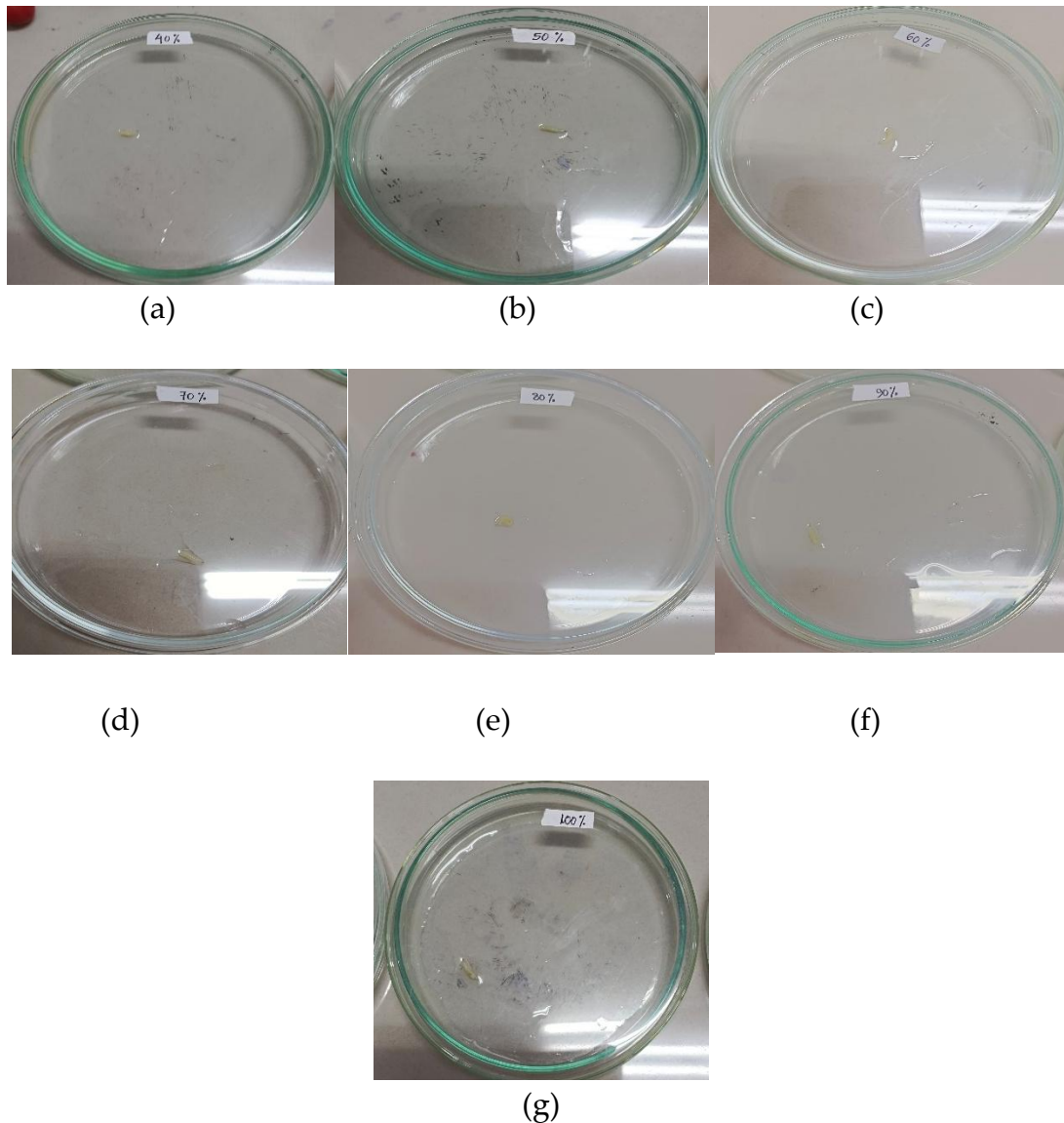
**Tabel 3.** Hasil Uji Konsentrasi Filtrat Kitinase Enzim Kitinase pada Larva *Drosophila sp.*

No	Konsentrasi	Durasi Pengamatan	Keterangan
1	40 %	60 Menit	Larva tidak mati
2	50 %	30 Menit 15 Detik	Larva mati
3	60 %	16 Menit 7 Detik	Larva mati
4	70 %	15 Menit 22 Detik	Larva mati
5	80 %	15 Menit 17 Detik	Larva mati
6	90 %	15 Menit 11 Detik	Larva mati
7	100 %	10 Menit 15 Detik	Larva mat

### Pembahasan

Hasil pengamatan terhadap aktivitas filtrat kitinase dari bakteri terhadap larva lalat buah (*Drosophila sp.*) menunjukkan kemampuan filtrat tersebut dalam menyebabkan

kematian. Hal ini dibuktikan setelah 1 jam pengamatan, di mana tidak ditemukan tanda-tanda kematian pada konsentrasi filtrat kitinase 10–40%. Namun, pada konsentrasi 50%, kematian larva mulai diamati setelah 30 menit 15 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh larva lalat buah semakin singkat seiring meningkatnya konsentrasi filtrat kitinase. Pada konsentrasi 70% hingga 90%, waktu yang dibutuhkan sekitar 15–16 menit. Sementara itu, pada konsentrasi 100%, waktu yang diperlukan untuk menyebabkan kematian larva adalah 10 menit 15 detik, yang merupakan waktu tercepat.



**Gambar 3.** Kondisi Larva Setelah Diberi Perlakuan Variasi Konsentrasi Enzim Kitinase, (a) Konsentrasi 40%, (b) Konsentrasi 50%, (c) Konsentrasi 60%, (d) Konsentrasi 70%, (e) Konsentrasi 80, (f) Konsentrasi 90%, (g) Konsentrasi 100%

Komponen struktural pada larva *Drosophila* sp. dapat dirusak oleh bakteri *Bacillus*, dengan kerusakan morfologis terutama terjadi pada bagian toraks. Hal ini diduga karena *Bacillus* merupakan bakteri kitinolitik yang mampu menguraikan kitin, komponen utama

eksoskeleton larva (Handika et al., 2023). Enzim kitinase merusak kitin dengan cara menghidrolisis ikatan glikosidik dalam polimer kitin, menyebabkan struktur tersebut melunak dan terurai, yang akhirnya menyebabkan lisis dan kematian organisme yang mengandung kitin (Haliza & Suhartono, 2016). Dalam penelitian ini, larva sebelum diberi perlakuan umumnya sangat aktif dalam mengonsumsi pakan yang disediakan, karena fase instar merupakan tahap penting menuju fase prepupa. Larva yang diberi perlakuan menunjukkan perubahan aktivitas, dimulai pada konsentrasi 50%, di mana larva mengalami penurunan aktivitas makan. Hal ini diduga karena enzim kitinase merusak membran peritrofik pada saluran pencernaan, sehingga mengganggu penyerapan nutrisi secara signifikan.

### Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri kitinolitik yang diisolasi dari limbah kulit udang memiliki potensi tinggi sebagai agen pengendali hayati ramah lingkungan terhadap larva lalat buah (*Drosophila* sp.). Tiga strain bakteri yang berhasil diisolasi, yaitu *Vibrio* sp., *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp., menunjukkan aktivitas kitinolitik yang kuat, ditandai dengan terbentuknya zona bening pada media agar yang mengandung kitin. Filtrat enzim dengan konsentrasi  $\geq 50\%$  terbukti efektif menyebabkan kematian larva secara signifikan, dengan hasil terbaik pada konsentrasi 100% yang menyebabkan kematian dalam waktu 10 menit 15 detik. Temuan ini menegaskan bahwa enzim kitinase dapat dikembangkan sebagai biopestisida berkelanjutan yang menawarkan alternatif ramah lingkungan terhadap insektisida kimia konvensional.

Implikasi dari penelitian ini sangat penting bagi pengembangan sistem pertanian berkelanjutan di Indonesia. Penggunaan enzim kitinase tidak hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida sintesis, tetapi juga mendukung penerapan ekonomi sirkular dengan memanfaatkan limbah kulit udang sebagai bahan baku bernilai tambah. Pendekatan ini berpotensi memperkuat ketahanan pangan nasional, menjaga keseimbangan ekosistem tanah, dan mengurangi risiko resistensi hama. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan optimalisasi proses produksi dan formulasi enzim kitinase agar dapat diaplikasikan secara luas pada skala industri. Uji efektivitas lapangan terhadap berbagai jenis hama serta pengamatan terhadap organisme non-target perlu dilakukan untuk memastikan keamanan ekologis. Selain itu, kajian ekonomi dan kebijakan implementasi perlu dikembangkan guna mendorong adopsi biopestisida berbasis limbah perikanan dalam sistem pertanian terpadu, sehingga hasil penelitian ini dapat memberikan dampak nyata bagi keberlanjutan pertanian hortikultura dan inovasi bioteknologi hijau di masa depan.

### Daftar Pustaka

- Ahmad, L.F. (2025). Pengaruh Variasi Kitosan Terhadap Sifat Biodegradable Kertas Dari Daun Nanas. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*.
- Archana, H. R., Darshan, K., Amrutha Lakshmi, M., Ghoshal, T., Bashayal, B. M., & Aggarwal, R. (2022). Biopesticides: A key player in agro-environmental

- sustainability. In *Trends of Applied Microbiology for Sustainable Economy* (pp. 613–653). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91595-3.00021-5>.
- Awan, S., Ahmed, S., Ullah, F., Nawaz, A., Khan, A., Uddin, M. I., Alharbi, A., Alosaimi, W., & Alyami, H. (2021). IoT with Block Chain: A Futuristic Approach in Agriculture and Food Supply Chain. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5580179>.
- Bahn, R. A., Yehya, A. A. K., & Zurayk, R. (2021). Digitalization for sustainable agri-food systems: Potential, status, and risks for the Mena region. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13063223>.
- Davis, T. D., & Hariyadi, P. (2013). Horticultural Research and Education Opportunities in Indonesia.
- Farhan, E. (2021). Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Tahun 2021 : sustainable urban farming guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat di era pandemi. (2021). Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya.
- Halim, Y., Cynthia, C., Hardoko, H., & Handayani, R. (2020). PRODUKSI N-ASETILGLUKOSAMIN DARI KULIT UDANG MENGGUNAKAN KITINASE EKSTRASELULER DARI *Providencia stuartii*.
- Haliza, W., & Suhartono, M. T. (2016). Karakteristik Kitinase Dari Mikrobial. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:149347608>.
- Handika, D.B., Handayani, T.D., & Guspratiwi, R. (2023). ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI KITINOLITIK DARI LIMBAH CAIR PEMBEKUAN UDANG. *Jurnal Fish Protech*.
- Harsanto, B. (2021). Sustainability innovation in the agriculture sector in Indonesia: a review. *E3S Web of Conferences*, 306. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130602022>.
- Hasinu, J. V, Patty, J. A., & Tuhumury, G. N. C. (2020). Morphological Identification And Population Of Fruit Fly (*Bactrocera* sp.) (Diptera: Tephritidae) In Chili Fields, Savanajaya Village Buru District. 20(2), 123–129. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.220123-129>.
- Ikhsanudin, A., Rosa, E., & Ekowati, C. N. (2019). Proteolytic Activity of The Entomopathogenic Fungi (*Penicillium* sp. ) of Cockroaches (*Periplaneta americana*). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212919572>.
- Lestari, E. P., Prajanti, S. D. W., Adzim, F., Mubarok, F., & Hakim, A. R. (2024). Assessing Production and Marketing Efficiency of Organic Horticultural Commodities: A Stochastic Frontier Analysis. *Economies*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/economies12040090>.
- Micocci, K. C., Moreira, A. C., Sanchez, A. D., Pettinatti, J. L., Rocha, M. C., Dionizio, B. S., Correa, K. C. S., Malavazi, I., Wouters, F. C., Bueno, O. C., & Souza, D. H. F. (2023). Identification, cloning, and characterization of a novel chitinase from leaf-cutting ant *Atta sexdens*: An enzyme with antifungal and insecticidal activity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1867(1), 130249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2022.130249>.

- Miftahul, K. (2018). Potensi Bakteri Kitinolitik Dari Cangkang Udang Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* Dari Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:182924342>.
- Navia, Z. I., Suwardi, A. B., & Nuraini. (2021). The importance of tropical edible fruit plants for tribal communities in East Aceh region, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012003>.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability* (Switzerland), 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135488>.
- Pertanian, K. (2024). ANGKA TETAP HORTIKULTURA TAHUN 2023.
- Rukasha, T., Nyagadza, B., Pashapa, R., & Muposhi, A. (2021). Covid-19 impact on Zimbabwean agricultural supply chains and markets: A sustainable livelihoods perspective. *Cogent Social Sciences*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2021.1928980>.
- Setiartiti, L. (2021). Critical Point of View: The Challenges of Agricultural Sector on Governance and Food Security in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 232. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123201034>.
- Shavanov, M. V., Shigapov, I. I., & Niaz, A. (2022). Biological methods for pests and diseases control in agricultural plants. *AIP Conference Proceedings*, 2390. <https://doi.org/10.1063/5.0070487>.
- Soeka, Y., & Triana, E. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Udang untuk Menghasilkan Enzim Kitinase dari *Streptomyces macrosporeus* InaCC A454. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18, 91–101. <https://doi.org/10.14203/jkti.v18i01.43>. statistik-hortikultura-2022 (1) (2023).
- Studi Agroteknologi, P., & Banjarnegara, P. (2020). Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Melalui Transfer Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Ramah Lingkungan Eko Apriliyanto. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 11(1), 101–106. <http://journal.upgris.ac.id/index.php/e-dimas>.
- Toledo, J., Morán-Aceves, B. M., Ibarra, J. E., & Liedo, P. (2023). Can Entomopathogenic Nematodes and Their Symbiotic Bacteria Suppress Fruit Fly Pests? A Review. In *Microorganisms* (Vol. 11, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071682>.
- Tri Ernawati, dan. (2016). Biological Aspects Of Banana Prawn (*Penaeus merguensis* De Man, 1888) in north coast of central java. *bawal*, 8(2), 109–116.
- Yang, W. J., Xu, K. K., Zhang, R. Y., Dou, W., & Wang, J. J. (2013). Transcriptional regulation of a chitinase Gene by 20-hydroxyecdysone and starvation in the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(10), 20048–20063. <https://doi.org/10.3390/ijms141020048>.