

Toxicity Test of Methanol Extract of Neem (*Azadirachta indica*) Leaves on Instar III Larvae (*Bactrocera* spp)

Sundus Sepia Almaheran^{1*}, I Putu Artayasa¹, Syamsul Bahri¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Indonesia;

Article History

Received : October 15th, 2025

Revised : October 25th, 2025

Accepted : November 01th, 2025

*Corresponding Author: **Sundus Sepia Almaheran**, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Indonesia;
Email: sundussepia17@gmail.com

Abstract: Azadirachtin, alkaloids, saponins, tannins, and flavonoids are some of the secondary metabolites found in neem leaves. These compounds have natural insecticidal activity and function as antifeedants or repellents to effectively inhibit the growth and development of insect pests. This study investigates the effects of neem leaf extract (*Azadirachta indica*) as a natural pesticide on the mortality of fruit fly larvae (*Bactrocera* spp.) found in starfruit (*Averrhoa carambola* L.). We conducted experiments using various concentrations of neem leaf extract: 0%, 4%, 9%, 14%, 17%, and 19%. The fruit fly larvae were treated with the extract for 6 hours, and the mortality rates were subsequently observed. The results demonstrated a positive correlation between increasing concentrations of neem extract and higher larval mortality rates. The highest concentration of 19% resulted in a mortality rate of 95%. One-Way ANOVA statistical analysis showed a significant effect of the extract on larval mortality ($p < 0.05$). The Tukey HSD test revealed significant differences in mortality rates between concentrations of 9% and above when compared to the control and lower concentrations. The LC_{50} value was calculated at 15.263%, indicating that neem leaf extract is effective as a larvicide. Neem leaf extract contains secondary metabolites such as azadirachtin, alkaloids, saponins, tannins, and flavonoids, which likely induce larval death through morphological damage to the digestive organs and head. This study concludes that neem leaf extract is a promising botanical pesticide for controlling fruit fly pests in starfruit.

Keywords: Azadirachtin, *Bactrocera* spp, botanical insecticide, neem leaf extract, natural pesticide, fruit fly larvae, starfruit, larvicidal activity, secondary metabolites.

Pendahuluan

Lalat buah *Bactrocera* spp. merupakan hama utama tanaman hortikultura di seluruh dunia, dengan lebih dari seratus jenis tanaman menjadi sasaran serangannya. Serangan lalat buah dapat menyebabkan kerusakan serius dan pembusukan buah akibat larva yang menetas dan memakan daging buah, yang berdampak pada kerugian ekonomi petani (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2002; Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2000). Kerugian yang ditimbulkan oleh organisme ini bisa bersifat kuantitatif karena berkurangnya

hasil panen/atau kualitatif karena berkurangnya kualitas hasil panen. Kehadiran serangga hama pada buah yang masih muda membuat buah rontok. Bila hama ini menginfeksi buah yang telah tua membuat buah membusuk dan dipenuhi dengan belatung (Sucitra *et al.*, 2022). Faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan ketersediaan tanaman inang memengaruhi perkembangan lalat buah (Landolt & Quilici, 1996; Soesilohadi, 2002).

Pengendalian hama ini selama ini menggunakan pestisida kimia yang meskipun efektif, memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Dhiaswari

et al., 2019; Sinambela, 2024). Arus air akan membawa pestisida yang tidak dapat dicerna ke dalam sistem biota perairan, yang akan membunuh plankton, udang, dan ikan (Lestari *et al.*, 2020). Disamping itu, insektisida kimia menyisakan residu racun pada tanaman yang bila kemudian dikonsumsi oleh manusia dapat mengganggu kesehatan, atau bahkan mematikan (Bahri *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pestisida botani yang terbuat dari tanaman yang mengandung senyawa kimia aktif seperti tanaman mimba (*Azadirachta indica*) diperlukan sebagai pilihan pengendalian yang dapat diterima secara lingkungan (Wardani Yudaputra, 2015; Danong *et al.*, 2020).

Azadirachtin, alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid merupakan beberapa senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam daun mimba. Senyawa-senyawa ini memiliki aktivitas insektisida alami dan berfungsi sebagai antifeedant atau repelan untuk secara efektif menghentikan pertumbuhan dan perkembangan hama serangga (Hidayat & Susilawati, 2017; Saenong, 2016; Sumaryono *et al.*, 2013). Oleh karena itu, ekstrak daun mimba dapat digunakan sebagai insektisida alami untuk mengurangi mortalitas larva lalat buah *Bactrocera* spp. pada belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.), sehingga menjadikannya pilihan pengendalian hama yang aman dan berkelanjutan (Kurnia *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas ekstrak daun mimba sebagai larvasida terhadap lalat buah *Bactrocera* spp. sekaligus memberikan informasi bagi petani mengenai pemanfaatan pestisida nabati sebagai solusi pengendalian hama (Putri, 2019; Juanda & Jayadi, 2015).

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian berlangsung selama 3 minggu dibulan Mei – Juni 2025. Pembuatan ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biologi, FKIP, Universitas Mataram. Identifikasi larva lalat buah *Bactrocera* spp. Dan pembuatan varian konsentrasi perlakuan ekstrak dilakukan di Laboratorium Biologi, FKIP, Universitas Mataram.

Populasi dan sampel

Populasi penelitian ini adalah larva lalat buah pada belimbing manis. Sampel penelitian ini berupa 20 larva lalat buah pada setiap toples sehingga jumlah sampel yang digunakan sebanyak 120 larva lalat buah.

Alat dan bahan

Bahan penelitian ini meliputi daun mimba (*Azadirachta indica*) segar sebagai bahan utama pembuatan ekstrak, larva lalat buah (*Bactrocera* spp.) instar III sebagai objek uji, dan buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L) sebagai media perlakuan. Selain itu, digunakan pelarut metanol 70% untuk proses ekstraksi, akuades sebagai pelarut pengencer, serta alat laboratorium seperti gelas kimia, erlenmeyer, kain kasa, botol semprot, cawan petri, mikroskop stereo, dan lup (Juanda, 2015; Buana, 2024).

Metode penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) untuk menguji pengaruh variasi konsentrasi ekstrak daun mimba terhadap mortalitas larva lalat buah. Ekstrak dibuat dengan metode maserasi menggunakan metanol 70% selama 24 jam, kemudian dikeringkan dan diencerkan ke dalam konsentrasi perlakuan yaitu 0% (kontrol), 4%, 9%, 14%, 17%, dan 19%. Larva lalat buah instar III kemudian direndam dalam ekstrak sesuai konsentrasi selama 6 jam. Setiap perlakuan terdiri atas tiga ulangan dengan 20 larva per ulangan. Observasi mortalitas dilakukan secara langsung dengan melihat tanda kematian larva dan perubahan morfologi (Juanda, 2015; Buana, 2024).

Analisis data

Data mortalitas dianalisis menggunakan uji ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap kematian larva, dilanjutkan dengan uji Tukey HSD untuk membandingkan perlakuan secara spesifik (Juanda, 2015; Liu, 2023).

Hasil dan Pembahasan

Hasil uji mortalitas

Hasil penelitian mengenai penerapan ekstrak daun mimba sebagai pestisida alami larva

lalat buah pada buah belimbing manis menunjukkan pengamatan mortalitas larva *Bactrocera* spp. terhadap perlakuan ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) selama 6 jam menunjukkan peningkatan mortalitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Konsentrasi 0% (kontrol) tidak ditemukan kematian larva. Mortalitas terendah sebesar 13,30% ditemukan pada konsentrasi 4%, sedangkan mortalitas tertinggi sebesar 95,00% terjadi pada konsentrasi 19% (Tabel 1). Data mortalitas ditemukan ekstrak daun mimba memiliki efek toksik yang kuat terhadap larva lalat buah *Bactrocera* spp yang berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Hal ini menandakan bahwa keberadaan senyawa aktif

dalam daun mimba dapat membunuh atau menghambat aktivitas larva secara efektif.

Berdasarkan pengamatan penelitian, kriteria larva yang mengalami mortalitas/kematian dapat diamati dengan melihat perubahan morfologi dan perilaku. Perubahan perilaku dapat dilihat apabila larva tidak memberi respon ketika diberi perlakuan secara mekanik berupa sentuhan menggunakan pipet (Awaluddin *et al.*, 2021). Pengamatan perilaku larva yang terpapar ekstrak pada konsentrasi tinggi terlihat menunjukkan perilaku melengkung tubuhnya secara berkala dibandingkan larva pada kelompok kontrol yang menunjukkan perilaku stabil pada saat pengujian.

Tabel 1. Jumlah Mortalitas Larva

Ekstrak	Σ Larva Uji	Mortalitas Larva			Rerata Kematian	Rerata Mortalitas larva (%)
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
0%	20	0	0	0	0	0,00%
4%	20	1	4	3	2,67	13,30%
9%	20	5	7	8	6,67	33,30%
14%	20	11	9	12	10,67	53,35%
17%	20	13	15	16	14,67	73,35%
19%	20	18	20	19	19,00	95,00%

Selain itu, larva juga mengalami perubahan tampilan morfologi (**Gambar 1**) seperti perubahan warna larva yang menjadi pucat, tubuh kaku dan terdapat bagian tubuh menggebung. Menurut Hotimh (2015), hal ini disebabkan larva mengalami kerusakan pada membran selnya, sehingga menyebabkan perubahan warna pada bagian kultikula menjadi transparan. Pada bagian tubuhnya, yaitu pada saluran pencernaan menjadi kekuningan dan mengalami kerusakan tampak seperti menggebung.

Kandungan metabolik sekunder dalam ekstrak metabolik daun mimba (*Azadirachta indica*) bertanggung jawab atas perubahan morfologi dan kerusakan sistem pencernaan yang terjadi pada larva setelah paparan ekstrak daun mimba selama 6 jam. Zat bioaktif dalam ekstrak diasumsikan sebagai penyebabnya. Terlihat dari grafik mortalitas rata-rata pada Gambar 1.a bahwa lebih banyak larva yang mati pada peningkatan konsentrasi perlakuan. Komposisi kimia ekstrak daun mimba, yang

mengandung bahan kimia acctogenin yang sangat beracun, adalah yang membunuh larva (Shofa, 2021). Larva tidak dapat hidup jika zat berbahaya masuk ke dalam tubuhnya (Basundari *et al.*, 2018). Hal ini diyakini sebagai akibat dari gangguan pada bahan kimia toksik yang masuk ke dalam tubuh larva. Flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, dan azadiractin adalah hasil analisis fitokimia metabolik sekunder ekstrak daun mimba oleh Putri dan Joko (2019).

Hasil uji Normalitas dan Homogenitas

Uji ANOVA satu arah dimungkinkan karena analisis statistik uji normalitas dan homogenitas menunjukkan bahwa data mortalitas terdistribusi normal dan seragam. Mortalitas larva bervariasi secara signifikan di antara perlakuan ekstrak daun mimba, menurut hasil uji ANOVA ($F = 91,077$; $p = 0,000$) (Tabel 2). Dengan mengganggu sistem fisiologis dan komunikasi hormonal serangga, azadiractin yang terdapat dalam daun mimba dapat mencegah proses pergantian kulit larva dan pada

akhirnya mengakibatkan kematian larva (Shofa, 2021). Lebih lanjut, aktivitas larvasida didukung oleh metabolit sekunder tambahan seperti flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid melalui

berbagai mekanisme, termasuk kerusakan membran sel, supresi pernapasan, dan gangguan enzim pencernaan (Awaluddin *et al.*, 2021; Roopashree dan Naik, 2019; Aini *et al.*, 2020).

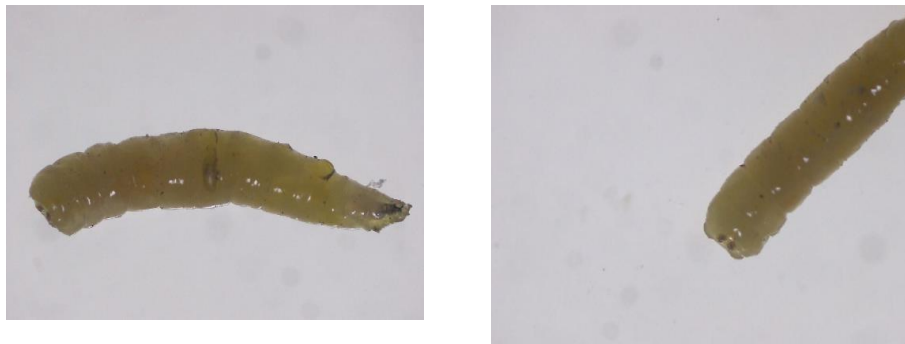
Tabel 2. Hasil Uji ANOVA

ANOVA					
Mortalitas					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	784.278	5	156.856	91.077	0,000
Within Groups	20.667	12	1.722		
Total	804.944	17			

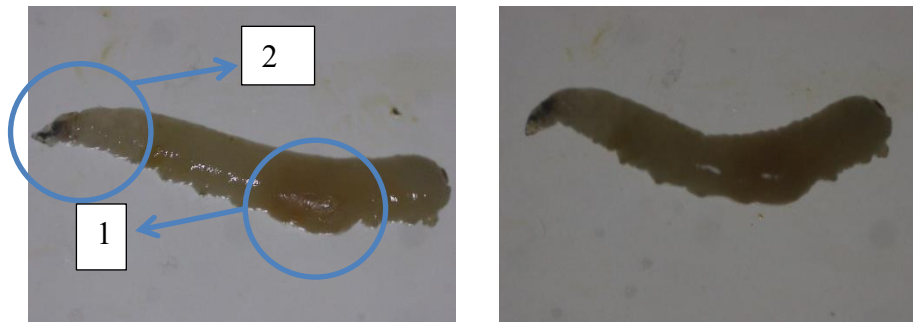
Morfologi larva lalat buah

Perubahan morfologi larva yang terpapar ekstrak berupa warna putih pucat, kaku, serta kerusakan pada organ pencernaan dan kepala. Sejalan dengan penelitian (Hotimah *et al.*, 2015) menemukan ekstrak tumbuhan dapat merusak membran sel larva sehingga mengganggu metabolisme dan menimbulkan kematian (gambar 1). Pengamatan mikroskop memperlihatkan larva yang terpapar ekstrak ekstrak daun mimba mengalami perubahan morfologi, meliputi kerusakan organ pencernaan, perubahan warna tubuh menjadi putih pucat, dan kerusakan pada kepala serta alat mulut seperti hilangnya sepasang kait (Gambar 1)

Sedangkan larva control menunjukkan morfologi normal. Kerusakan pada membran spirakel yang merupakan alat pernapasan larva oleh flavonoid menyebabkan penurunan pasokan oksigen sehingga menghambat aktivitas dan perkembangan larva (Wulansari, 2022; Aini *et al.*, 2020). Selain itu, saponin yang mengganggu penyerapan nutrisi dan metabolisme hormon molting menyebabkan kegagalan metamorfosis larva (Nebesski, 2023; Fajrina *et al.*, 2021). Perbedaan aktivitas juga dapat dipengaruhi faktor lingkungan dan umur tanaman seperti yang diuraikan Supriatna (2023) mengenai pengaruh kondisi lingkungan terhadap kandungan metabolit sekunder tanaman.



Gambar A



Gambar B

Gambar 1. Morfologi Larva Lalat Buah

Flavonoid menargetkan sifon, alat pernapasan larva lalat buah, dengan bertindak sebagai inhibitor pernapasan pada *Bactrocera* spp. Melalui gangguan interaksi fosfolipid, molekul flavonoid melukai membran sifon setelah memasuki tubuh larva (Wulansari, 2022). Penyerapan oksigen terganggu oleh cedera membran sifon ini. Menurut Semwal, Combrinck, dan Viljoe (2016), flavonoid juga menghambat enzim ATPase, yang menyebabkan larva kehilangan energi dan menyebabkan paralisis pernapasan. Rusaknya membran sel dapat terjadi akibat keberadaan flavonoid di lingkungan seluler (Akhmad, 2022). Ruptur membran disebabkan oleh masuknya ion Na⁺ ke dalam sel yang tidak terkendali. Transpor aktif Na⁺ dan K⁺ terjadi akibat gugus OH dalam flavonoid yang menempel pada protein membran esensial. Ruptur membran terjadi akibat masuknya ion Na⁺ ke dalam sel yang tidak terkendali akibat terhentinya transpor aktif. Larva dengan demikian akan kekurangan oksigen, menyebabkan warna tubuhnya menjadi lebih pucat (Aini *et al.*, 2020).

Selain itu, dengan mengurangi tingkat asupan dan merusak segmen perut, saponin berkontribusi pada peningkatan mortalitas larva. Roopashree dan Naik (2019) mengutip Ishaaya (1986) yang mengatakan bahwa saponin menyebabkan gangguan pencernaan dengan mencegah sekresi enzim pencernaan. Laju pertumbuhan larva menurun oleh penyakit pencernaan yang memengaruhi usus larva, yang menghambat penyerapan makanan (Roopashree dan Naik., 2019). Wulansari (2022) mengklaim bahwa saponin yang masuk ke tubuh larva dapat berinteraksi dengan sel-sel mukosa saluran pencernaan dan meningkatkan permeabilitasnya, yang menurunkan kapasitas saluran pencernaan larva untuk membawa nutrisi.

Saponin dapat mengikat sterol bebas di lambung larva dengan menghasilkan senyawa kompleks yang tidak larut, yang mengurangi penyerapan sterol oleh hemolimfase. Inilah sebabnya mengapa kehadiran mereka dalam tubuh larva dapat mengganggu proses metamorfosis (Nebesski, 2023). Pertumbuhan dan perkembangan larva akan terganggu akibat penyerapan yang buruk ini, sehingga larva tidak dapat memproduksi steroid dan hormon pergantian kulit (Wahyudi *et al.*, 2021). Warna tubuh larva berubah menjadi lebih pucat, yang

menunjukkan hal ini. Lebih lanjut, saponin akan mengganggu perkembangan dan proses pergantian kulit larva, sehingga mereka tidak dapat melanjutkan ke tahap berikutnya, klaim Kartikasari dan Novitasri (2018).

Zat kimia alkaloid berfungsi sebagai larvasida, yang memengaruhi sistem saraf pusat serangga dengan mengikat banyak neuron dan menyebabkan kontraksi otot yang tidak terkendali, kelumpuhan, kejang, dan kematian (Rattan, 2010). Alkaloid mengganggu transmisi impuls saraf dengan memengaruhi saluran natrium membran sel saraf (Narciso *et al.*, 2014 dalam Wuilida, 2019). Acheul dan Mitiche (2013) juga menemukan bahwa aktivitas senyawa alkaloid menyebabkan kerusakan morfologi pada larva spesies serangga lainnya. Dengan menonaktifkan dan memblokir enzim asetilkolinesterase pada larva uji, mereka menemukan bahwa aktivitas alkaloid *P. tomentosa* mengganggu kontrol neuron-endokrin. Hal ini menyebabkan penurunan nafsu makan yang signifikan, sebagaimana dibuktikan oleh penurunan berat larva dan penghambatan perkembangan larva melalui deformitas morfologi organ pencernaan.

Perilaku larva yang membungkuk selama pengamatan diduga disebabkan oleh aktivitas alkaloid (Gambar 1.b). Penelitian oleh Cania dan Setyaningrum (2013) mendukung hal ini, menemukan bahwa alkaloid dapat menyusup dan merusak sel, memecah membran sel, dan mengganggu sistem saraf larva dengan menghambat kerja enzim asetilkolinesterase karena alkaloid bersifat gram negatif. Pembengkakan larva yang terus-menerus dan gerakan tubuh yang lebih lambat ketika distimulasi diduga disebabkan oleh zat kimia alkaloid (Lestari, 2023).

Kandungan tanin dalam ekstrak juga diyakini bertanggung jawab atas proses metabolisme sekunder lainnya yang berkontribusi terhadap kerusakan morfologi larva yang ditunjukkan pada Gambar 1.b. Pernyataan Muta'ali dan Purwani (2015) bahwa tanin merupakan zat polifenol yang mampu membentuk kompleks dengan protein memperkuat hal ini. Protein, karbohidrat, vitamin, dan mineral terikat oleh tanin yang tidak dapat dicerna (Lisnayani, 2021). Selain itu, tanin dapat menghambat protein yang dibutuhkan untuk pertumbuhan larva, yang dapat

mengakibatkan kematian larva (Mulyani, 2020). Tanin mengganggu asupan makanan dengan menghambat enzim pencernaan, terutama protease, yang mengkatalisis pemecahan protein menjadi asam amino (Farid, 2021). Deposisi protein yang diinduksi tanin menghentikan enzim protease dari menghidrolisis protein, sehingga mengurangi aktivitas enzim dan mengganggu metabolisme larva (Nisa, 2023). Kematian larva, yang ditandai dengan mengecilnya ukuran tubuh, akan terjadi akibat proses ini jika berlangsung lama (Oktiansyahd *et al.*, 2020).

Azadiractin Senyawa ini termasuk dalam kelas limonoid, yaitu suatu kelompok metabolit sekunder yang memiliki struktur kimia sangat kompleks. Karena efektivitasnya yang tinggi dan dampak lingkungan yang rendah (Alfiani, 2014). Azadiractin menjadi salah satu pestisida nabati yang paling dikenal dan banyak diteliti di dunia (Shofa, 2021). Azadiractin sangat mengganggu sistem hormon serangga, terutama hormon *ekdison* yang vital untuk proses ganti kulit (molting). Hal ini menyebabkan serangga gagal berkembang ke tahap selanjutnya, mengalami cacat saat ganti kulit, dan akhirnya mati sebelum mencapai tahap dewasa (Isman *et al.*, 2020). Pencela makan atau antifeedan telah didefinisikan sebagai bahan kimia yang menghambat pemberian makan tetapi tidak membunuh serangga secara langsung serangga sering tinggal di dekat tanaman yang dirawat dan mungkin mati, dimana senyawa biasa menjadi salah satu faktor untuk mortalitas larva lalat buah karena senyawa ini menghambat nafsu makan yang membuat larva mati (Morgan, 2009).

Hasil uji lanjut Tukey HSD

Uji lanjut Tukey HSD memperlihatkan bahwa perlakuan konsentrasi 9%, 14%, 17%, dan 19% secara signifikan lebih efektif meningkatkan mortalitas larva dibandingkan dengan 0% dan 4%, dimana konsentrasi 19% memberikan kematian tertinggi (Tabel 3). Data Tabel 3 menunjukkan bahwa, kecuali kelompok perlakuan 0% dan 4%, terdapat variasi yang signifikan antar kelompok perlakuan, sebagaimana terlihat dari variasi notasi huruf di antara keduanya. Ditemukannya notasi huruf yang sama pada konsentrasi 0% dan 4% menjadi buktinya. Nilai signifikansi yang lebih tinggi dari 0,05 ($p > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara varian konsentrasi

4% dan konsentrasi 0% (kontrol).

Tabel 3. Hasil Uji Tukey HSD (*Honest Significance Difference*)

No	Konsentersasi (%)	Rerata mortalitas/notasi Tukery HSD
1	0	0,00 ^a
2	4	2,67 ^a
3	9	6,67 ^b
4	14	10,67 ^c
5	17	14,67 ^d
6	19	19,00 ^e

Hasil Uji Probit

Hasil uji probit didapatkan nilai LC_{50} ekstrak daun mimba sebesar 13,437% dengan interval kepercayaan yang sesuai, mengindikasikan bahwa konsentrasi ini efektif membunuh 50% populasi larva lalat buah dalam waktu 6 jam (Tabel 4). Nilai LC_{50} sebesar 13,437% menandakan ekstrak daun mimba cukup efektif untuk membunuh larva lalat buah dalam waktu singkat dan termasuk dalam kategori toksisitas sedang menurut standar WHO (Putri, 2019). Perbandingan dengan penelitian lain (Juanda dan Jayadi, 2015; Wahyudiarto *et al.*, 2023) menunjukkan nilai LC_{50} yang lebih rendah, kemungkinan terkait dengan metode ekstraksi, lokasi pengambilan daun, dan komposisi metabolit yang berbeda.

Tabel 4. Hasil Uji Probit LC_{50}

No	Lethal Concentration	6 Jam		
		Estimate	Lower Bound	Upper Bound
1	LC_{50}	13.437	8.471	15.263

Hasil perhitungan uji Probit diketahui bahwa estimasi kemampuan kestrak daun mimba (*Azadirachta indica*) dalam membunuh 50% larva lalat buah *Bactroocera spp* pada penelitian kali ini terdapat pada konsentrasi 13,437%. Perkiraan ini hampir sesuai dengan angka yang ditemukan dalam temuan penelitian, yang ditunjukkan pada Tabel 1. Penelitian ini menemukan bahwa mortalitas larva adalah 53,35% pada konsentrasi 14%, sementara tingkat kematian larva rata-rata mendekati 50%. Kandungan larvasida aktif ekstrak meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi, dan jumlah kematian larva meningkat seiring dengan peningkatan waktu paparan.

Sebaliknya, Juanda dan Jayadi (2015) mengamati bahwa 98% larva lalat buah yang diperiksa dihancurkan oleh ekstrak 20%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun mimba yang digunakan dalam penelitian ini lebih efektif. Selain itu, penelitian lain oleh Wahyudiarto *et al.*, (2023) mengungkapkan bahwa LT_{50} adalah 3,21 menit dan nilai LC_{50} adalah 30% setelah 6 jam paparan. Hal ini menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, LC_{50} dalam penelitian ini agak tinggi. Konsentrasi bahan kimia bioaktif meningkat seiring dengan ukuran sampel (Sumihe *et al.*, 2014). Larvasida kimia dalam penelitian ini menunjukkan nilai toksisitas yang rendah dalam hal nilai LC_{50} jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Wahyudiarto *et al.*, (2023). Namun, karena ekstrak dalam penelitian ini memiliki nilai LC_{50} yang lebih rendah daripada hasil penelitian Wayudiarto *et al.*, (2023), ekstrak tersebut dikategorikan lebih berbahaya.

Ketika suatu zat kimia diuji sebagai larvasida, konsentrasi LC_{50} maksimumnya adalah 100% (Lina *et al.*, 2017). Suatu senyawa dianggap sangat berbahaya jika nilai $LC_{50} \leq 30\%$, beracun jika nilai $LC_{50} \leq 100\%$, dan tidak beracun jika nilai $LC_{50} \geq 100\%$. Karena ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) memiliki nilai $LC_{50} \leq 1000\%$, ekstrak ini dapat digunakan sebagai larvasida untuk mencegah kematian larva lalat buah *Bactrosera* spp. Menurut Putri (2019), hal ini menunjukkan bahwa ekstrak tersebut memiliki efek yang relatif berbahaya terhadap larva lalat buah (*Bactrosera* spp.) dan tidak memenuhi pedoman observasi WHO yang menyatakan bahwa periode efektif maksimum untuk membunuh larva adalah 24 jam.

Adapun penyebab perbedaan nilai LC_{50} dan LT_{50} antara penelitian-penelitian sebelumnya dengan penelitian kali ini kemungkinan dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan yang mempengaruhi kemampuan pelarut dalam menarik jumlah dan jenis senyawa metabolik sekunder yang berbeda. Selain itu, juga dipengaruhi oleh letak atau lokasi sampel tumbuhan ini berada dimana tumbuhan mimba yang digunakan pada sampel penelitian kali ini berlokasi di sekitar pemukiman warga yang akan mempengaruhi struktur serta kualitas kandungan unsur zat hara tanah yang akan mempengaruhi aktivitas fisiologi dari tumbuhan itu sendiri.

Meskipun kandungan metabolit sekunder tanaman hampir sama dalam hal kualitas, usia tanaman dan lingkungan tempat ia tumbuh memengaruhi variasi kandungan metabolit sekunder (Supriatna, 2023). Faktor lingkungan berupa durasi paparan sinar matahari, suhu, curah hujan, kelembaban, serta jumlah unsur hara makro dan mikro tanah terbukti memiliki kolerasi dengan kandungan metabolit sekunder pada tanaman. Hal ini diperkuat dengan hasil temuan Singh *et al.*, (2015) dalam Olivoto *et al.*, (2017) bahwa peningkatan produksi alkaloid pada spesies *C. roseus* ditemukan ketika terjadi peningkatan molekul CO_2 , terutama ketika dilengkapi dengan pasokan nitrogen yang lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara respon metabolisme tanaman dan faktor lingkungan. Selain faktor abiotik, faktor biotik juga dapat mempengaruhi akumulasi senyawa metabolit sekunder pada tanaman. Tumbuhan juga menghasilkan senyawa metabolit ketika mendapat respon dari sinyal molekul elisitor yang diinduksi patogen untuk mengaktifkan system pertahanan tumbuhan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) memiliki efek larvasida terhadap mortalitas larva lalat buah (*Bactrosera* spp) selama 6 jam paparan. Serta hasil uji mortalitas yang diperoleh pada ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) pada penelitian kali ini menunjukkan bahwa ekstrak 19% dapat membunuh larva mencapai 95,00% dalam waktu paparan 6 jam. Keterbatasan pada penelitian ini adalah adanya keterbatasan pengontrolan perkembangan larva. Penelitian ini tidak menguji stabilitas atau masa simpan ekstrak daun mimba. Efektivitas ekstrak sebagai larvasida kemungkinan dapat menurun seiring waktu akibat paparan cahaya, suhu, atau oksidasi. Penelitian ini tidak mengkaji dampak ekstrak daun mimba terhadap organisme non-target yang mungkin ada di ekosistem pertanian, seperti serangga predator, parasitoid, atau polinator (penyerbuk). Bahkan tidak melakukan analisis biaya-manfaat dari penerapan ekstrak daun mimba dibandingkan dengan penggunaan larvasida sintetik konvensional.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan baik karena berkat adanya bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan kelas E yang telah membantu pengambilan sampel penelitian, serta Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram yang telah membantu dalam kegiatan pengambilan data.

Referensi

- Aini, K., Elfita, E., Widjajanti, H., Setiawan, A., & Oktiansyah, R. (2020). Bioactivity of secondary metabolite of endophytic fungi extract isolated from root of Jambu Mawar (*Syzygium jambos*). *International Journal of Secondary Metabolite*, 12(1), 16-32.
- Akhmad, R. (2022). *Pengaruh ketinggian lokasi tumbuh terhadap kadar total Flavonoid dan daya antioksidan daun kirinyuh (Chromolaena odorata (L.) RM King & H. Rob)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Alfiani, R. (2024). *UJI Efektivitas Biopestisida Ekstrak Daun Mimba (Azadirachta Indica Juss.) Terhadap Hama Penggerek (Hypothenemus hampei) PADA KOPI ROBUSTA (Coffea canephora)* (Doctoral dissertation, universitas jambi).
- Awaluddin, R., Sholihatin, B., Marfu'ah, N., & Estikomah, S. A. (2021). Aktivitas Larvasida Fraksi N-Heksan Ekstrak Etanol Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*. L) terhadap Larva *Aedes* sp.: Larvicide Activity of N-Hexane Fraction of Ethanolic *Morinda citrifolia*. L Leaves Extract on *Aedes* sp. Larvae. *ASPIRATOR-Journal of Vector-Borne Diseases Studies*, 13(2), 137-146.
- Bahri, S., Zulkifli, L., Rasmi, D. A. C., & Sedijani, P. (2021). Isolation, Purification, and Toxicity Test of *Bacillus thuringiensis* from Cows Cage Soil Againsts *Drosophila melanogaster*. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 1106-1114.
<https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JBT/article/view/3221>
- Basundari, S. A., Tarwotjo, U., & Kusdiyantini, E. (2018). Pengaruh kandungan ekstrak daun zodia (*Evodia suaveolens*) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 20(1), 51-58.
- Cania, B. E. dan E. Setyaningrum. 2013. Uji efektifitas larvasida ekstrak daun legundi (*Vitex trifolia*) terhadap mortalitas larva *Aedes aegypti*. *Medical Journal of Lampung University*, 2(4), 53-60.
- de Souza Wuillda, A. C. J., Campos Martins, R. C., & Costa, F. D. N. (2019). Larvicidal activity of secondary plant metabolites in *Aedes aegypti* control: An overview of the previous 6 years. *Juran Natural Product Communications*, 14(7), 1934578X19862893.
- Fajrina, A., Bakhtra, D. D. A., Eriadi, A., Putri, W. C., & Wahyuni, S. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol rambut jagung (*Zea mays* L.) terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dan *Porphyromonas gingivalis*. *Jurnal Farmasi Higea*, 13(2), 155-164.
- Farid, Z. (2021). *Pengaruh Pemakaian Tepung Daun Pepaya (Carica Papaya L) Dalam Ransum Ayam Broiler Terhadap Intake Energi, Intake Protein Dan Rasio Efisiensi Protein* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Firdaus, F. A., Astriani, D., & Dinarto, W. (2024). Effect Of Concentration Of Neem Leaves Botanical Pesticide On Pest Management In Red Chili Pepper: Pengaruh Konsentrasi Pestisida Nabati Daun Mimba Terhadap Pengelolaan Hama Pada Cabai Merah. *Jiga: Journal Innovation in Green Agriculture*, 1(2), 90-98.
<https://ejournal.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/JIGA/article/view/4293>
- Herlinda, S., Mayasari, R., Adam, T., & Pujiastuti, Y. (2007, June). Populasi dan serangan lalat buah *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) serta potensi parasitoidnya pada pertanaman cabai (*Capsicum annum* L.). In *Seminar Nasional dan Kongres Ilmu Pengetahuan Wilayah Barat, Palembang* (pp. 3-5).
- Hotimah, O., Wirutomo, P., & Alikodra, H. S. (2015). Conservation of world heritage botanical garden in an environmentally friendly city. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 453-463.
- Juanda, J., & Jayadi, E. M. (2015). Pengaruh

- Ekstrak Daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) Terhadap Mortalitas Hama Lalat Buah Cabai (*Bactrocera dorsalis* L.). *Biota*, 8(1), 97-106.
- Kartikasari, D., & Novitasari, M. (2018). Uji Aktivitas Larvasida Perasan Herba Seledri (*Apium graveolens* L.) Terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 10(2), 152-160.
- Killa, Y. M., Maranda, A. P., & Hana, M. R. (2023). Efektivitas Pestisida Nabati Ekstrak Daun Mimba (*Azadirachta Indica*) Dan Srikaya (*Annona Squamosa* Linn) Untuk Mengendalikan Hama Belalang Kembara (*Locusta Migratoria Minilensis* Mayen). *Jurnal Agro Wiralodra*, 6(1), 9-13.
- Kurnia, R. T., Artayasa, I. P., Ihamdi, M. L., Yamin, M. (2023). Comparison of *Bactrocera* Fruit Fly Captures Using Basil and Celery Leaf Extracts in Karang Bayan Plantation. *Jurnal Biologi Tropis*, 23 (2), 517-525.
- Lestari, A. P. A., Artayasa, I. P., & Sedijani, P. (2020). Ethanol extract of pseudo-stem lemongrass (*Cymbopogon citrates*) and basil leaves (*Ocimum sanctum*) increase *bactrocera* (Diptera: Tephritidae) fruit fly catches. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3), 369-377.
<https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JBT/article/view/2070>.
- Lestari, I. (2023). *Efektivitas Ekstrak Daun Sirih (Piper Betle, Linn) Sebagai Larvasida Pada Larva Nyamuk Aedes aegypti* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang).
- Lina, E. C., Supriadi, A., Yunisman, Y., & Martinius, M. (2017). Aktivitas insektisida campuran ekstrak air buah *Piper aduncum* L.(Piperaceae) dan batang *Cymbopogon ciratrus* (Dc.) Stapf (Poaceae) terhadap larva *Crociodolomia pavonana* F.(Lepidoptera: Crambidae). *Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*, 1(1), 34-41.
- Lisnayani, L. (2021). *Pengaruh Ukuran Pematangan Dan Perendaman Menggunakan Larutan Garam Terhadap Kandungan Tanin, Serat Kasar Serta Protein Kasar Kulit Pisang Tanduk (Musa acuminata var. Typica)* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Liu, M., Feng, J., Shen, Y., & Zhu, B. (2023). Microplastics effects on soil biota are dependent on their properties: A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 178, 108940.
- Madjid, A., Hidayat, E., & Susilawati, N. (2017). The Trend of Conflict in Indonesia 2016. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, 3(3), 268-279.
<https://pdfs.semanticscholar.org/658c/a669176c88f6efcafbfc138c0ebc116b2197.pdf>
- Mulyani, H. S. (2020). *Pengaruh Perendaman Ekstrak Daun Kersen (Muntingia Calabura) Dengan Dosis Berbeda Terhadap Lama Inkubasi, Daya Tetas Dan Kelulushidupan Larva Ikan Lele Dumbo (Clarias Gariepinus)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Muta'ali, R., & Purwani, K. I. (2015). Pengaruh ekstrak daun beluntas (*Pluchea indica*) terhadap mortalitas dan perkembangan larva Spodoptera litura F. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 55-58.
- Nebesski, D. (2023). *Efektivitas Ekstrak Daun Binahong (Anredera Cordifolia) Sebagai Biolarvasida Pada Larva Aedes Aegypti Instar Iii* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang).
- Olivoto, T., Nardino, M., Carvalho, I. R., Follmann, D. N., Szarecki, V. J., Ferrari, M., ... & de Souza, V. Q. (2017). Plant secondary metabolites and its dynamical systems of induction in response to environmental factors: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 12(2), 71-84.
- Putri, E. (2019). Uji efektivitas ekstrak daun pandan wangi (*pandanus amaryllifolius roxb*) sebagai insektisida terhadap lalat rumah (*musca domestica*). *Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 1.
- Putri, K. A. (2019). Infestasi Lalat Buah (*Bactrocera* spp.) Pada Buah Jambu Air Madu (*Syzygium samarangense*) di Sumatera Utara. *Jurnal Jeumpa*, 6(2), 236-244.
<https://ejurnalunsam.id/index.php/jempa/article/view/2097>
- Rattan, R. S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant

- origin. *Jurnal Crop protection*, 29(9), 913-920.
- Roopashree, K. M., & Naik, D. (2019). Saponins: properties, applications and as insecticides: a review. *Jurnal Biosci. Trends*, 8(1), 1-14.
- Sartika, W. D., Ginting, S. B., & Afriyanto, D. (2022, December). Distribusi Lalat Buah *Bactrosera* sp.(Diptera: Tephritidae) Pada Buah Jambu Biji di Kota Bengkulu. In *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman* (Vol. 1, pp. 128-144).
- Semwal, D. K., Semwal, R. B., Combrinck, S., & Viljoen, A. (2016). Myricetin: A dietary molecule with diverse biological activities. *Nutrients*, 8(2), 90.
- Shofa, W. N. (2021). *Pengaruh ekstrak daun mimba (Azadirachta indica), daun sirsak (Annona muricata), dan kombinasi keduanya sebagai insektisida nabati terhadap ulat grayak (Spodoptera litura F.)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <http://etheses.uin-malang.ac.id/32125/>
- Sinambela, B. R. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan. *Jurnal Agrotek*, 8 (1), 76-85.
- Singh, A. P., & Savaldi-Goldstein, S. (2015). Growth control: brassinosteroid activity gets context. *Journal of experimental botany*, 66(4), 1123-1132.
- Sucitra, Y., Bahri, S., & Artayasa, I. P. (2022). The effect of lemongrass stem (*Cymbopogon citratus*) and salam leaves (*Syzygium polyanthum*) ethanol extracts on the number of bactrocera fruit flies catches. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1), 289-296. <https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JBT/article/view/3237/0>
- Sumihe, G., Runtuwene, M. R., & Rorong, J. A. (2014). Analisis fitokimia dan penentuan nilai LC50 ekstrak metanol daun liwas. *Jurnal Ilmiah Sains*, 125-128.
- Supriatna, J. (Ed.). (2023). *Biologi Terapan untuk Masa Depan dan Kemajuan Bangsa*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Wahyudi, R., Harfina, H., & Khoirul Abror, Y. (2021). The Effect Of Corn Silk Extract (*Zea Mays*) As Biolarvicides Of *Aedes Aegypti* Mosquito Larvae In Efforts To Control Spread Of Dengue Hemorrhagic Fever. *The Indonesian Journal*, 16(1), 23-31.
- Wulansari, R. (2022). *Analisis senyawa metabolit sekunder dan uji aktivitas larvasida alami pada ekstrak etanol daun bidara (Ziziphus mauritiana Lamk.) terhadap larva Aedes aegypti* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <http://etheses.uin-malang.ac.id/37336/>