

EFEKTIVITAS LARUTAN SERBUK BIJI PEPAYA KERING (Carica Papaya) SEBAGAI LARVASIDA VEKTOR Aedes Sp.

Noor Zakiyyatus Syifa¹, Syarifudin², Joko Supriyadi³

^{1,2,3} Program Studi Sanitasi Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes
Banjarmasin

e-mail: kikynzs11@gmail.com¹

Abstrak

Nyamuk Aedes sp. merupakan vektor penyakit yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat. Penggunaan larvasida kimia secara terus-menerus dapat menimbulkan resistensi dan pencemaran lingkungan sehingga diperlukan alternatif larvasida alami, salah satunya larutan serbuk biji pepaya kering (Carica papaya). Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai LC₅₀ larutan serbuk biji pepaya kering serta mengetahui perbedaan kematian larva Aedes sp. pada berbagai variasi konsentrasi dengan waktu kontak 24 jam. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan biji pepaya sebagai bahan larvasida nabati yang lebih aman dan ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan true experimental design dengan variasi konsentrasi 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% dalam 100 mL air. Setiap perlakuan menggunakan 25 ekor larva Aedes sp. instar III dengan empat kali pengulangan selama 24 jam. Analisis data menggunakan uji probit, Shapiro–Wilk, Levene, Kruskal–Wallis, dan Mann–Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kematian larva meningkat seiring bertambahnya konsentrasi, yaitu 0%, 28%, 44%, 68%, 80%, dan 96%. Nilai LC₅₀ diperoleh sebesar 6,557% dengan batas bawah 4,731% dan batas atas 7,936%. Uji Kruskal–Wallis menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antar variasi konsentrasi ($p=0,000$), dengan konsentrasi 15% sebagai perlakuan paling efektif. Larutan serbuk biji pepaya kering (Carica papaya) efektif digunakan sebagai larvasida alami terhadap larva Aedes sp. dan berpotensi menjadi alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode ekstraksi, mengukur kandungan senyawa aktif, serta mengendalikan pH secara lebih optimal.

Kata Kunci: Aedes Sp., Larvasida Alami, Biji Pepaya Kering, Carica Papaya, LC₅₀.

Abstract

Aedes sp. mosquitoes are disease vectors that continue to pose a public health problem. The continuous use of chemical larvicides can lead to resistance and environmental pollution; therefore, alternative natural larvicides are needed, one of which is a dried papaya (Carica papaya) seed powder solution. This study aimed to determine the LC₅₀ value of

dried papaya seed powder solution and to examine the differences in *Aedes* sp. larval mortality at various concentrations with a 24-hour exposure period. This study is expected to provide scientific information regarding the utilization of papaya seeds as a safer and more environmentally friendly botanical larvicide. This study employed a true experimental design with solution concentrations of 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% in 100 mL of water. Each treatment consisted of 25 third-instar *Aedes* sp. larvae with four replications over a 24-hour period. Data were analyzed using the probit test, Shapiro–Wilk test, Levene’s test, Kruskal–Wallis test, and Mann–Whitney test. The results showed that larval mortality increased with increasing concentration, reaching 0%, 28%, 44%, 68%, 80%, and 96%, respectively. The LC50 value was 6.557%, with a lower confidence limit of 4.731% and an upper confidence limit of 7.936%. The Kruskal–Wallis test indicated a significant difference among the concentration variations ($p = 0.000$), with the 15% concentration being the most effective treatment. The dried papaya (*Carica papaya*) seed powder solution was effective as a natural larvicide against *Aedes* sp. larvae and has the potential to serve as an environmentally friendly alternative for vector control. Future studies are recommended to use extraction methods, measure the active compound content, and control water pH more optimally.

Keywords : *Aedes* Sp., Natural Larvicide, Dried Papaya Seed, *Carica* Papaya, LC50.

LATAR BELAKANG

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit yang masih menjadi tantangan di berbagai negara, terutama yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia. Demam Berdarah Dengue (DBD) disebabkan oleh virus Dengue yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* dimana nyamuk-nyamuk ini bertindak sebagai vektor utama penyakit tersebut (Sukendra, D. M., 2021).

Kementerian Kesehatan mencatat 79.843 kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan 359 kematian di 34 provinsi di Indonesia hingga pertengahan tahun 2025 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2025). Terkait wilayah Kalimantan Selatan pada tahun 2024, Profil Kesehatan Kabupaten Banjar tahun 2024 menunjukkan *Incidence Rate* (IR) sebesar 75,7 per 100.000 penduduk, dengan total 3.235 kasus dan 16 kematian, yang menghasilkan *Case Fatality Rate* (CFR) sekitar 0,5% (Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan, 2024). Situasi ini juga tercermin dari data Kabupaten Banjar yang mencatat 549 kasus DBD dan 3 kematian pada tahun 2024, IR sebesar 92,91 per 100.000 penduduk, hal tersebut menunjukkan bahwa DBD masih menjadi masalah Kesehatan yang serius di wilayah tersebut.

Tingginya jumlah kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia menunjukkan upaya pencegahan dan pengendalian yang ditujukan untuk menekan populasi nyamuk *Aedes* sp. perlu dilakukan, Nyamuk *Aedes* sp. memiliki siklus hidup yang terdiri dari empat tahapan, yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Penelitian ini menggunakan larva instar III karena pada tahap ini struktur tubuh larva telah berkembang dan berukuran lebih besar,

sehingga memiliki mekanisme pertahanan yang lebih kuat dibandingkan instar I dan II serta mengonsumsi nutrisi dalam jumlah terbanyak (Yesti, Y., 2021).

Mengingat tingginya prevalensi kasus di Indonesia, pemerintah telah menerapkan strategi pengendalian vector *Aedes sp.*, termasuk menggunakan larvasida, contohnya yaitu larvasida kimia berupa abate (temephos). Namun, penggunaannya dapat menimbulkan masalah seperti resistensi, pencemaran lingkungan, dan residu (Martini et al., 2019). Oleh karena itu, muncul konsep penggunaan larvasida nabati sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti larvasida kimia (Sasongko et al., 2016).

Indonesia memiliki beragam tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai larvasida nabati, dengan menggunakan berbagai bagian tanaman seperti akar, umbi, batang, daun, biji, dan buah. Salah satu tanaman tersebut adalah pepaya (*Carica papaya*), yang sangat cocok karena bahannya mudah didapat, ekonomis, serta sifatnya yang ramah lingkungan (Nurlinawati & Mulyani, 2020).

Biji pepaya yang digunakan pada penelitian ini berupa biji pepaya kering. Pemilihan biji pepaya kering karena biji pepaya kering lebih sedikit mempengaruhi kualitas air dibandingkan dengan biji pepaya basah. Senyawa yang terkandung pada biji pepaya yang kering dapat bersifat toksik pada larva yaitu *Benzyl isothiocyanate (BITC)*, *alkaloid karpaina*, *saponin*, *flavonoid*, *tanin*, serta *papain*.

Benzyl isothiocyanate (BITC) bekerja sebagai larvasida dengan mekanisme multitarget, antara lain merusak membran sel, menghambat enzim pencernaan, serta menginduksi stres oksidatif pada larva nyamuk (Flor-Weiler et al., 2023). *Alkaloid karpaina* bersifat toksik bahkan pada dosis rendah dan bekerja dengan menghambat hormon pertumbuhan, merusak membran sel, serta mengganggu enzim saraf sehingga larva tidak mampu bermetamorfosis secara normal (Tambengi dkk., 2023). Biji pepaya mengandung kadar saponin yang lebih tinggi dibandingkan bagian tanaman lainnya (Rahayu et al., 2022); senyawa-senyawa ini dapat merusak struktur fisik luar larva dengan mengikis lapisan kutikula pelindung, yang menyebabkan dehidrasi dan, pada akhirnya, kematian (Damai et al., 2022). *Flavonoid* berfungsi sebagai racun pernapasan (*fumigan*) yang masuk melalui siphon dan menyebabkan kerusakan sistem pernapasan larva sehingga menghambat jalan napas larva. *tanin* berperan sebagai antinutrisi yang mengganggu sistem pencernaan dan metabolisme larva (Kumara et al., 2021). Selain itu biji pepaya juga mengandung *papain*, yaitu suatu enzim yang bersifat proteolitik juga menghambat pertumbuhan larva hingga menyebabkan kematian dengan mengganggu metabolisme protein larva (Maula & Musfira, 2022). Kombinasi berbagai senyawa aktif ini menjadikan biji pepaya efektif digunakan sebagai larvasida alami terhadap larva nyamuk. Selain itu, bubuk biji pepaya mengandung senyawa aktif yang bertindak sebagai biokoagulan dan agen antibakteri, membantu menekan populasi organisme yang bertanggung jawab atas bau atau kontaminasi air.

Oleh karena itu, berdasarkan hal tersebut di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian untuk menentukan **"Efektivitas larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida vektor *Aedes sp.*"** yang merupakan vektor utama penularan Demam Berdarah Dengue (DBD).

METODE

Penelitian ini menggunakan true experimental design dengan rancangan post-test only control group design untuk menguji efektivitas larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida alami terhadap larva *Aedes* sp. Penelitian terdiri atas 6 kelompok, yaitu 1 kelompok kontrol dan 5 kelompok perlakuan dengan konsentrasi 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%, masing-masing dilakukan 4 kali pengulangan. Populasi penelitian adalah larva *Aedes* sp., dengan sampel 600 ekor larva yang dibagi ke dalam 24 kontainer, masing-masing berisi 25 ekor. Variabel bebas adalah konsentrasi larutan serbuk biji pepaya, variabel terikat adalah jumlah kematian larva, sedangkan pH dan suhu air dikendalikan sebagai variabel kontrol.

Data dikumpulkan melalui observasi terhadap mortalitas larva, pengukuran pH dan suhu air, serta telaah pustaka. Analisis data dilakukan melalui tahap editing, entry, tabulasi, dan analisis. Penentuan nilai LC_{50} menggunakan analisis probit, sedangkan perbedaan antar kelompok dianalisis menggunakan uji Kruskal–Wallis yang dilanjutkan dengan uji Mann–Whitney apabila terdapat perbedaan yang signifikan. Penelitian telah memperoleh persetujuan etik (Ethical Exemption) dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Banjarmasin Nomor 299/KEPK-PKB/2026.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida alami terhadap larva *Aedes* sp. Pemilihan biji pepaya didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah karena tanaman pepaya mampu berbuah sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim tertentu. Selain itu, pepaya dapat tumbuh dengan baik di berbagai kondisi lingkungan, baik di daerah tropis maupun subtropis, pada wilayah bercurah hujan tinggi maupun rendah, serta di dataran rendah hingga daerah pegunungan dengan ketinggian sekitar 1.000 meter di atas permukaan laut (Agustina & Sukron, 2022).

Biji pepaya kering adalah biji buah pepaya yang telah dikurangi kadar airnya secara signifikan melalui proses penjemuran atau oven. Berwarna coklat gelap hingga hitam legam, memiliki permukaan berkerut karena kehilangan kandungan air, dan memiliki tekstur yang keras. Ukurannya kecil dan memiliki massa yang lebih ringan dibandingkan dengan kondisi biji pepaya basah.

Larutan biji pepaya kering (*Carica papaya*) dalam penelitian ini didapatkan dari hasil pengumpulan biji pepaya yang masih dalam kondisi basah, dicuci sampai bersih menggunakan air mengalir, dikeringkan menggunakan bantuan sinar matahari dan oven pada suhu 30-40°C kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk, kemudian disaring dan dicampurkan dengan 100 mL air untuk memperoleh larutan uji. Setiap kontainer perlakuan diisi dengan 25 ekor larva *Aedes* sp. instar III, dan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak empat kali pengulangan.

Penelitian ini juga menentukan *lethal concentration* 50 larvasida. Untuk mendapatkan LC_{50} dari larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) dilakukan uji pendahuluan dengan menggunakan variasi konsentrasi (6%, 12%, dan 18%) untuk setiap

100 mL air. Data hasil uji pendahuluan selanjutnya dianalisis menggunakan analisis probit dan diperoleh nilai LC50 sebesar 7,33%, dengan batas bawah 6,01% dan batas atas 8,95%. Berdasarkan hasil tersebut, ditetapkan konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) yang digunakan pada uji toksisitas, yaitu 0% (kontrol), 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%.

2. Gambaran Khusus

Hasil uji toksisita variasi konsentrasi larutan serbuk biji papaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida alami nyamuk *Aedes sp.* dapat dilihat seperti pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 1 Uji Toksisitas Efektivitas Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes sp.*

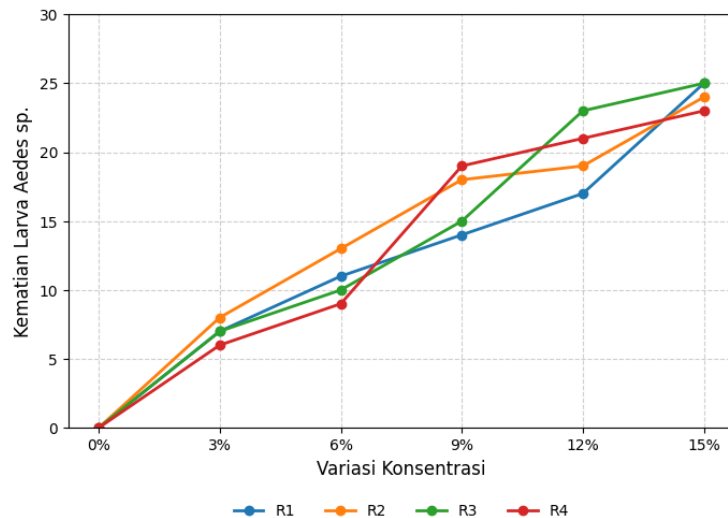
Variasi Konsentrasi	Jumlah Larva <i>Aedes sp.</i>	Jumlah Kematian Larva				Rata-rata Kematian Larva <i>Aedes sp.</i>	Persentase Kematian Larva <i>Aedes sp.</i>
		R1	R2	R3	R4		
0%	25	0	0	0	0	0	0%
3%	25	7	8	7	6	7	28%
6%	25	11	13	10	9	11	44%
9%	25	14	18	15	19	17	68%
12%	25	17	19	23	21	20	80%
15%	25	25	24	25	23	24	96%

Keterangan :

R1, R2, R3, R4 : Replikasi

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengamatan selama 24 jam pada empat kali pengulangan (R1–R4) menunjukkan bahwa peningkatan kematian seiring bertambahnya konsentrasi. serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*). Pada konsentrasi 0% (kontrol) tidak ditemukan kematian larva dengan rata-rata sebanyak 0 ekor. Rata-rata kematian larva pada konsentrasi 3% sebanyak 7 ekor, konsentrasi 6% sebanyak 11 ekor, konsentrasi 9% sebanyak 17 ekor, konsentrasi 12% sebanyak 20 ekor, dan konsentrasi 15% sebanyak 24 ekor.

Berdasarkan hasil tersebut, rata-rata kematian larva tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15%, yaitu sebanyak 24 ekor atau setara dengan 96% dari total larva uji setelah 24 jam pengamatan. Sebaliknya, rata-rata kematian terendah pada kelompok perlakuan terjadi pada konsentrasi 3%, yaitu sebanyak 7 ekor atau sebesar 28%. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan mortalitas larva *Aedes sp.* seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*). Grafik mortalitas larva *Aedes sp.* disajikan pada gambar berikut.



Gambar 1 Grafik Mortalitas Larva *Aedes sp*

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa kematian larva *Aedes sp.* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) yang diberikan.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Suhu Air Pada Uji Toksisitas Efektivitas Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes sp.*

Konsentrasi	Hasil Pengukuran Suhu Air			
	R1	R2	R3	R4
0%	29,3°C	29,3°C	29,3°C	29,2°C
3%	29,1°C	29°C	29°C	29,2°C
6%	29,2°C	29,1°C	29,3°C	29,3°C
9%	29°C	29,1°C	29,1°C	29,1°C
12%	29,3°C	29,2°C	29°C	29,2°C
15%	29,1°C	29,1°C	29,2°C	29,4°C

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu uji selama pengamatan 24 jam berada pada kisaran 29–29,4°C. Rentang suhu tersebut merupakan suhu media yang digunakan selama uji toksisitas terhadap larva *Aedes sp.*

Tabel 3 Hasil Pengukuran pH Air Pada Uji Toksisitas Efektivitas Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes sp.*

Konsentrasi	Hasil Pengukuran pH Air			
	R1	R2	R3	R4
0%	7,4	7,4	7,4	7,4
3%	6,6	6,5	6,5	6,6
6%	6,1	6,1	6	6
9%	6	6,2	6,1	6

12%	5,7	5,7	5,7	5,8
15%	5,9	5,9	5,9	5,8

Berdasarkan Tabel 3 diatas, menunjukkan rentang pH larva *Aedes sp* adalah 5,8-7,4 dengan waktu pengamatan 24 jam.

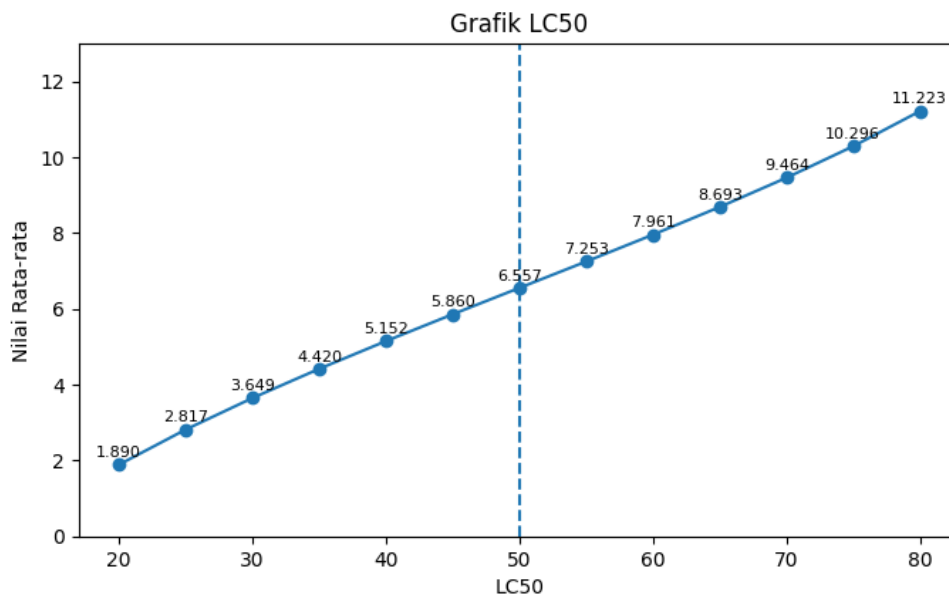
a. Lethal Concentration 50 Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes sp*.

Penentuan nilai Lethal Concentration 50 (LC₅₀) dilakukan menggunakan analisis probit. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui konsentrasi larutan yang mampu menyebabkan kematian 50% dari total larva uji. Hasil analisis probit yang menghasilkan nilai LC₅₀ larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida alami terhadap larva *Aedes sp*. disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. Hasil Analisis Probit

Percent	Estimate	Konsentrasi	
		Lower Bound	Upper Bound
50	6,557	4,731	7,936

Hasil analisis probit diperoleh LC₅₀ didapatkan batas atas 7,936 dan batas bawah 4,731, dari hasil tersebut dapat diketahui rata-rata konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) yang dapat membunuh 50 persen larva adalah pada konsentrasi 6,557 persen. Grafik nilai rata-rata dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik LC50 Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*)

- b. Perbedaan Variasi Konsentrasi Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida alami *Aedes sp.* Dengan Waktu Kontak 24 Jam
Untuk mengetahui perbedaan kematian larva *Aedes sp.* pada setiap variasi konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*), terlebih dahulu dilakukan uji normalitas yang dilakukan dengan metode Shapiro–Wilk karena jumlah sampel pada setiap kelompok kurang dari 50. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Uji Normalitas

No	Variasi Konsentrasi	Saphiro-Wilk Statistic	
		df	sig
1.	3%	4	,683
2.	6%	4	,850
3.	9%	4	,488
4.	12%	4	,972
5.	15%	4	,272

Berdasarkan Tabel 5 hasil uji normalitas menggunakan metode Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada konsentrasi 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% berturut-turut sebesar 0,683; 0,850; 0,488; 0,972; dan 0,272. Seluruh nilai signifikansi tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0,05 ($p > 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa data kematian larva *Aedes sp.* pada setiap kelompok perlakuan berdistribusi normal. Setelah uji normalitas terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan uji homogenitas untuk mengetahui kesamaan varians antar kelompok perlakuan.

Tabel 6 Hasil Uji Homogenitas

Test of Homogeneity Variance			
Levene Statistic	df1	df2	sig.
5,333	5	18	,004

Berdasarkan Tabel 6, hasil uji homogenitas menggunakan uji Levene menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,004 ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa data tidak memiliki varians yang homogen. Karena salah satu asumsi uji One Way ANOVA tidak terpenuhi, yaitu homogenitas varians, maka analisis dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik Kruskal–Wallis untuk mengetahui perbedaan kematian larva *Aedes sp.* pada setiap variasi konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*).

Tabel 7 Hasil Analisis Uji Kruskal Walis

	Mortalitas Larva <i>Aedes sp.</i>
Kruskall Walis	22,107
df	5
Asymp. Sig	0,000

Berdasarkan hasil uji *Kruskal–Wallis*, diperoleh nilai Asymp. Sig. = 0,000 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kematian larva *Aedes sp.* dengan variasi konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*). Hasil uji lanjut *Mann–Whitney* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada pasangan konsentrasi 0%–3%, 0%–6%, 0%–9%, 0%–12%, 0%–15%, 3%–6%, 3%–9%, 3%–12%, 3%–15%, 6%–9%, 6%–12%, 6%–15%, 9%–15%, dan 12%–15% ($p < 0,05$). Sementara itu, pasangan konsentrasi 9%–12% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai Asymp. Sig. = 0,110 ($p > 0,05$).

c. Efektivitas Variasi Konsentrasi Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes sp.*

Efektivitas larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebagai larvasida dievaluasi menggunakan enam variasi konsentrasi, yaitu 0% (kontrol), 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% dengan waktu kontak selama 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan mulai memberikan efektivitas yang baik pada konsentrasi 9%, dengan rata-rata kematian 17 ekor larva atau sebesar 68%. Pada konsentrasi 12%, rata-rata kematian meningkat menjadi 20 ekor larva dengan persentase kematian sebesar 80%, sedangkan konsentrasi 15% menghasilkan rata-rata kematian tertinggi, yaitu 24 ekor larva atau setara dengan 96%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) diikuti oleh peningkatan jumlah kematian larva *Aedes sp.*

A. Pembahasan Penelitian

1. *Lethal Concentration* 50 Larutan Serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Dalam Mengendalikan Larva *Aedes sp.*

Lethal Concentration (LC50) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menggambarkan tingkat toksisitas suatu bahan terhadap organisme uji. Nilai *Lethal Concentration* 50 (LC50) menunjukkan konsentrasi suatu zat yang mampu menyebabkan kematian pada 50% populasi larva yang diuji. Berdasarkan hasil analisis probit pada penelitian ini, diperoleh nilai LC50 larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) sebesar 6,557%, dengan batas bawah (Lower limit) 4,731% dan batas atas (upper limit) 7,936%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa larutan serbuk biji pepaya kering pada konsentrasi 6,557% diperkirakan mampu menyebabkan kematian separuh dari total larva *Aedes sp.* setelah pemaparan selama 24 jam.

Nilai LC50 yang diperoleh menunjukkan bahwa larutan serbuk biji pepaya kering memiliki aktivitas larvasida terhadap larva *Aedes sp.* Kemampuan tersebut diduga berasal dari kandungan senyawa bioaktif yang terdapat di dalam biji pepaya, seperti benzyl isothiocyanate (BITC), alkaloid karpain, flavonoid, tanin, saponin, dan enzim papain yang bekerja secara sinergis dalam mengganggu kelangsungan hidup larva. Sebagai larvasida yang berasal dari bahan nabati, larutan ini juga memiliki keunggulan karena senyawa aktifnya lebih mudah terurai di lingkungan, sehingga berpotensi mengurangi pencemaran

serta memiliki risiko yang lebih rendah dalam memicu resistensi dibandingkan larvasida sintetis.

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) berpotensi dimanfaatkan sebagai larvasida alami untuk mengendalikan larva *Aedes* sp. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ambarawati et al. (2024), yang melaporkan bahwa ekstrak biji pepaya yang dikombinasikan dengan alum memiliki aktivitas larvasida terhadap larva *Aedes* sp. Pada penelitian tersebut, analisis probit menghasilkan nilai LC50 sebesar 95,5 ppm atau setara dengan 0,00955%, yang menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut mampu menyebabkan kematian 50% larva uji. Meskipun nilai LC50 yang diperoleh berbeda, kedua penelitian sama-sama menunjukkan bahwa biji pepaya memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan larvasida nabati dalam upaya pengendalian vektor *Aedes* sp.

2. Perbedaan Variasi Konsentrasi Larutan serbuk Biji Pepaya Kering (*Carica papaya*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes* sp. dalam waktu kontak 24 jam

Berdasarkan uji toksisitas larvasida alami menggunakan larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) menunjukkan bahwa setiap variasi konsentrasi memberikan perbedaan jumlah kematian larva *Aedes* sp. dengan waktu kontak 24 jam. Larutan dengan variasi konsentrasi 3 persen, 6 persen, 9 persen, 12 persen, dan 15 persen menunjukkan peningkatan mortalitas larva yang berbeda pada masing-masing perlakuan. Konsentrasi 15% menunjukkan tingkat kematian larva tertinggi dibandingkan konsentrasi lainnya, sedangkan konsentrasi 3% menunjukkan tingkat kematian paling rendah. Perbedaan jumlah kematian larva pada setiap variasi konsentrasi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering memiliki perbedaan terhadap daya toksik larvasida alami terhadap larva *Aedes* sp.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yulia Yesti (2021), yang menyebutkan bahwa larutan serbuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) memiliki aktivitas sebagai larvasida alami terhadap larva *Aedes aegypti*. Kesamaan antara penelitian Yulia Yesti (2021) dengan penelitian ini terletak pada adanya hubungan antara peningkatan konsentrasi larutan dan meningkatnya mortalitas larva. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan terletak pada penelitian Yulia Yesti persentase kematian maksimum terdapat pada konsentrasi 0,8 g/200 mL air mencapai 89,6% dalam waktu 18 jam, sedangkan pada penelitian ini konsentrasi 15% mampu menyebabkan kematian larva hingga 96% dalam waktu 24 jam. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) memiliki potensi sebagai larvasida alami terhadap larva *Aedes* sp.

Sejalan dengan penelitian lain oleh Maula dan Musfirah (2022) juga menunjukkan bahwa ekstrak biji pepaya efektif membunuh larva *Aedes aegypti* karena kandungan *alkaloid karpaina*, *flavonoid*, *saponin*, dan *papain* yang bersifat toksik. Pada penelitian tersebut, variasi konsentrasi tertinggi yang digunakan adalah 1% dan mampu menghasilkan persentase kematian larva sebesar 100% dalam waktu pengamatan 24 jam. Sedangkan pada penelitian ini, konsentrasi tertinggi 15% menghasilkan persentase kematian larva sebesar 96% dalam waktu pengamatan 24 jam. Meskipun kandungan zat aktif yang digunakan sama, tingkat toksisitas pada penelitian Maula dan Musfirah lebih tinggi dibandingkan penelitian ini. Hal tersebut diduga karena penelitian Maula dan Musfirah

menggunakan metode ekstraksi, sedangkan pada penelitian ini menggunakan larutan serbuk biji pepaya kering tanpa proses ekstraksi. Metode ekstraksi memungkinkan senyawa aktif terkonsentrasi lebih tinggi sehingga daya toksiknya terhadap larva lebih kuat dibandingkan larutan biasa.

Tingkat toksisitas biji pepaya yang mampu membunuh larva *Aedes sp.* disebabkan oleh senyawa aktif yang terkandung didalamnya, seperti *Benzyl isothiocyanate (BITC)*, *alkaloid karpaina*, *flavonoid*, *tanin*, *saponin*, dan *papain*. Larva yang terpapar senyawa aktif dari biji pepaya akan mengalami gangguan pada sistem saraf, sistem pencernaan, dan sistem pernapasan yang ditandai dengan pergerakan larva yang melambat, kehilangan respons terhadap rangsangan, hingga akhirnya mati. Beragam senyawa tersebut bekerja melalui mekanisme yang berbeda sehingga dapat meningkatkan efektivitas biji pepaya sebagai larvasida alami.

Benzyl Isothiocyanate (BITC) memiliki aktivitas larvasida melalui beberapa mekanisme kerja, seperti merusak membran sel larva, menghambat kerja enzim pencernaan, serta menyebabkan stres oksidatif pada tubuh larva nyamuk. Paparan senyawa BITC dapat mengganggu proses metabolisme dan perkembangan larva yang ditandai dengan menurunnya aktivitas gerak, terganggunya proses pergantian kulit (molting), hingga menyebabkan kematian larva dalam waktu yang relatif cepat (Flor-Weiler *et al.*, 2023).

Menurut Maula dan Musfirah (2022), biji pepaya merupakan bagian tanaman yang memiliki kandungan saponin paling tinggi dibandingkan bagian lainnya. Senyawa saponin bekerja sebagai racun perut (stomach poison) dengan cara masuk ke dalam sistem pencernaan larva, kemudian mengganggu proses fisiologis hingga menyebabkan kematian. Selain itu, saponin juga memiliki mekanisme sebagai racun kontak (contact poison), yaitu dengan merusak lapisan luar tubuh (kutikula) larva. Kerusakan pada kutikula mengakibatkan larva kehilangan cairan tubuh secara berlebihan sehingga tidak mampu bertahan hidup.

Selain saponin, biji pepaya juga mengandung alkaloid karpain yang berperan dalam aktivitas larvasida. Senyawa ini bekerja dengan merusak membran sel sehingga lebih mudah masuk ke dalam tubuh larva dan memicu kerusakan sel. Alkaloid karpain juga dapat diserap melalui permukaan tubuh larva, kemudian menghambat kerja enzim asetilkolin esterase yang berperan penting dalam sistem saraf. Gangguan pada enzim tersebut menyebabkan kerja saraf larva menjadi tidak normal hingga akhirnya larva mengalami kematian. Selain *alkaloid karpaina*, biji pepaya juga mengandung *flavonoid* yang berperan sebagai racun pernapasan dengan memasuki tubuh larva melalui siphon, yaitu organ yang digunakan larva untuk mengambil oksigen dari permukaan air. Setelah masuk ke dalam tubuh, flavonoid dapat mengganggu fungsi sistem pernapasan, merusak siphon, serta memengaruhi sistem saraf larva. Gangguan tersebut menyebabkan larva kesulitan memperoleh oksigen sehingga akhirnya mengalami kematian (Maula dan Musfirah, 2022).

Tanin bekerja sebagai racun pencernaan dengan cara menghambat aktivitas enzim dan penyerapan nutrisi dalam tubuh larva sehingga proses metabolisme terganggu dan menyebabkan kematian larva. Selain itu, tanin juga dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel dan menghambat pertumbuhan larva nyamuk. Enzim papain yang terdapat

pada biji pepaya merupakan enzim proteolitik yang mampu menguraikan protein pada tubuh larva sehingga menyebabkan kerusakan jaringan dan menghambat proses metabolisme larva (Putri, 2021)

Selain dikarenakan senyawa yang terkandung dalam biji pepaya, terdapat juga faktor lain juga dapat mempengaruhi kematian larva *Aedes sp.* yaitu pH air dan suhu air yang termasuk kedalam variabel yang dikendalikan. Hasil pengukuran suhu pada penelitian serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) menunjukkan bahwa suhu larutan selama waktu pengamatan 24 jam berada pada kisaran 29–29,4°C. Suhu tersebut masih termasuk dalam rentang suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan larva *Aedes sp.*, sehingga suhu tidak mempengaruhi kematian larva pada penelitian ini. Penelitian Torres et al. (2022) menyebutkan bahwa perkembangan larva *Aedes aegypti* berlangsung optimal pada suhu air 25–30°C, sedangkan Sharma et al. (2025) juga menjelaskan bahwa suhu air 25–30°C merupakan suhu yang mendukung kelangsungan hidup dan perkembangan larva *Aedes aegypti*.

Pada penelitian ini, seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*), tingkat keasaman larutan juga mengalami peningkatan yang ditunjukkan dengan penurunan nilai pH. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sebagian besar variasi konsentrasi masih berada pada rentang pH yang mendekati kondisi optimal untuk perkembangan larva *Aedes sp.*, yaitu pH 6–8 (Rasjid et al., 2024). Hasil pengukuran pH pada variasi konsentrasi 12% dan 15% menunjukkan penurunan nilai pH yaitu 5,7–5,9. Nilai tersebut berada di bawah rentang pH optimal perkembangan larva *Aedes sp.* sehingga kondisi pH pada kedua konsentrasi tersebut tidak sepenuhnya memenuhi kondisi lingkungan yang ideal dan belum dapat dikendalikan secara optimal selama penelitian berlangsung.

Penurunan nilai pH hingga menjadi lebih asam diduga turut memengaruhi kelangsungan hidup larva. Kondisi tersebut dapat menghambat pertumbuhan plankton yang merupakan salah satu sumber makanan utama bagi larva nyamuk. Akibatnya, ketersediaan pakan menjadi berkurang sehingga daya tahan hidup larva menurun dan peluang terjadinya kematian menjadi lebih tinggi (Boleu, 2020).

SIMPULAN

Analisis probit menunjukkan bahwa larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) memiliki nilai Lethal Concentration 50 (LC50) sebesar 6,557%, dengan interval kepercayaan 4,731% sebagai batas bawah dan 7,936% sebagai batas atas. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi 6,557%, larutan diperkirakan mampu menyebabkan kematian sekitar 50% larva *Aedes sp.* setelah pemaparan selama 24 jam. Perbedaan konsentrasi larutan serbuk biji pepaya kering (*Carica papaya*) menghasilkan tingkat mortalitas larva *Aedes sp.* yang berbeda. Persentase kematian tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15%, yaitu mencapai rata-rata 96%, sedangkan kelompok kontrol tidak menunjukkan adanya kematian larva. Hasil analisis menggunakan uji Kruskal–Wallis menghasilkan nilai p sebesar 0,000 (<0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi larutan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap mortalitas larva *Aedes sp.*

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, N., Nuraini, R., & Fitria, L. (2015). Efektivitas serbuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai larvasida terhadap *Aedes aegypti*. *Jurnal Biologi Tropis*, 15(2), 45–52.
- Agustina, F., & Sukron, M. (2022). Deteksi kematangan buah pepaya menggunakan algoritma YOLO berbasis Android. *INFOKAM*, 18(2), 70–78.
- Ali, & Ma'rufi. (2018). Tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti* di lingkungan permukiman. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(1), 22–28.
- Ambarwati, R., Nurmala, S., & Anggraini, N. (2024). Effectiveness of Papaya (*Carica papaya* L.) Seed Extract and Alum on *Aedes aegypti* Larvae Death. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 21(1), 1–5.
- Aprilianti, S., Sernita, Aulya, M. S., & Idris, K. (2025). Distribusi dan kemelimpahan telur nyamuk *Aedes* sp. pada ovitrap dan kerentanan larva terhadap abate di Kelurahan Wua-Wua Kota Kendari. *Klinikal Sains: Jurnal Analisis Kesehatan*, 13(1).
- Ariani, L., Sari, R., & Pratama, A. (2019). Kandungan senyawa aktif biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai antibakteri alami. *Jurnal Farmasi dan Sains*, 7(2), 33–40.
- Aris, A. R. S., Baharuddin, A., & Gafur, A. (2022). Densitas dan karakteristik habitat larva *Aedes aegypti* di wilayah kerja Puskesmas Tamamaung Makassar. *Window of Public Health Journal*, 3(6), 1048–1058.
- Arwana, D. (2017). Peran nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* sebagai vektor virus dengue. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*, 6(1), 9–16.
- Aseptianova, R., Putri, D., & Nuraini, E. (2017). Aktivitas saponin terhadap integritas kutikula serangga. *Jurnal Biologi Tropika*, 17(1), 55–62.
- Azizah, D. N. (2024). Perbandingan aktivitas antibakteri sediaan gel dan spray ekstrak etanol biji pepaya (*Carica papaya* L.). *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 9(2).
- Berliani, J. R., et al. (2021). Efektivitas Larvasida Formula Granul Mengandung Ekstrak Bunga Melati (*Jasminum sambac*) dan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 6(1), 1–11.
- Boleu, F. I. (2020). Karakteristik habitat perkembangbiakan *Aedes aegypti* di Desa Gosoma Halmahera Utara. *Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 5(1).
- Cahyono, B. (2017). Budidaya pepaya unggul: Cara praktis menghasilkan buah berkualitas. Jakarta: *Penebar Swadaya*.
- Damai, G. L., Cahyana, N. W., & Aziz, A. M. (2022). In silico test proteolytic potential of papain and zingibain enzymes against protein forming congenital and senilis cataracts. *Journal of Agromedicine and Medical Sciences*, 8(1), 39-45
- Dewi, S. (2018). Efektivitas insektisida nabati terhadap vektor nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 13(2), 102–109.
- Dhenge, N. F., Pakan, P. D., & Lidia, K. (2021). Uji efektivitas larvasida ekstrak daun pepaya (*Carica papaya*) terhadap mortalitas larva vektor demam berdarah dengue *Aedes aegypti*. *Cendana Medical Journal*, 21(1), 156–163
- Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan. (2024). Kompilasi Profil Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2024. Banjarmasin: Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan.

- Dinata, E. (2016). Klasifikasi dan morfologi nyamuk *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Jurnal Parasitologi Indonesia*, 19(2), 45–50.
- Elviani, S. (2019). Pengaruh suhu dan pH terhadap daya tetas telur nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(3), 143–150.
- Etika Sari & Intan Bahrina. (2025). Analisis Pemberantasan Sarang Nyamuk 3M Plus dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD). *Jurnal Promotif Preventif*, 8(1), 80–85.
- Flor-Weiler, L. B., et al. (2023). Bioactivity of brassica seed meals and their compounds as ecofriendly larvicides against mosquitoes. *Scientific Reports*, 13, 30563.
- Hamzah, & Simbolon, S. (2018). Kandungan senyawa aktif batang pepaya (*Carica papaya* L.) dan potensinya sebagai obat tradisional. *Jurnal Farmasi Tradisional*, 5(1), 50–56.
- Hardiyanti, W. (2021). Habitat dan karakteristik nyamuk *Aedes aegypti* di Kabupaten Gowa [Skripsi, Universitas Hasanuddin]. *Universitas Hasanuddin Repository*.
- Hartati, S. (2017). Taksonomi dan morfologi tanaman pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6(1), 12–20.
- Ilyas, M., Setyaningrum, E., Mumtazah, D. F., & Busman, H. (2025). Tempat Perindukan dan Kepadatan Larva *Aedes spp.* sebagai Indikator Risiko Penularan Demam Berdarah di Tempat Wisata Bandar Lampung. Bioma: *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 10(1), 39-50.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2025). Laporan kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) Indonesia. Jakarta: *Pusat Krisis Kesehatan*.
- Kumara, C. J., Nurhayani, N., Bestari, R. S., & Dewi, L. M. (2021). Efektivitas Flavonoid, Tanin, Saponin dan Alkaloid terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *Prosiding University Research Colloquium*, 106–118.
- Lauwrens, Florensia I. J. (2017). Pengaruh Dosis Abate Terhadap Jumlah Populasi Jentik Nyamuk *Aedes spp* Di Kecamatan Malalayang Kota Manado. *eBiomedik*, 2(1).
- Luki, F. U., Killa, Y. M., & Lewu, L. D. (2023). Pengaruh pupuk organik cair buah terhadap pertumbuhan bibit tanaman pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Agro Indragiri*, 8(1).
- Ma'ruf, K., Shoolihah, A. 'Amali ., Darmono, Setiyawa, B. P. ., & Fadlullah, Y. A. . (2023). Utilization of Papaya Seeds as an Ingredient for Making Environmentally Friendly Insecticides Against Sangit Weed. *Indonesian Journal of Advanced Research*, 2(5), 403–410.
- Martini, M., Hestningsih, R., Widjanarko, B., Purwantisasari, S. (2019). Resistance of *Aedes* as a Vectors Potential for Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) in Semarang City, Indonesia. *Journal of Tropical Life Science*, 9: 89–94.
- Maula, L. N. M., & Musfirah, M. (2022). Larvasida ekstrak biji pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap kematian larva instar III *Aedes aegypti*. *Jurnal Kesehatan dan Pengelolaan Lingkungan*, 3(2), 66-71.
- Mentari, A. (2019). Perilaku hidup dan aktivitas menggigit nyamuk *Aedes aegypti* di lingkungan pemukiman padat penduduk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2), 89–96.
- Mundim-Pombo, A. P. M., et al. (2021). *Aedes aegypti*: egg morphology and embryonic development. *Parasites & Vectors*, 14, 531.
- Nishimwe, K., Niyigena, E., & Mukantwari, E. (2019). Nutritional and medicinal values of papaya (*Carica papaya* L.): A review. *African Journal of Food Science*, 13(2), 56–62.

- Nurlinawati, & Mulyani, S. (2020). Pemanfaatan larvasida nabati sebagai alternatif pengendalian vektor *Aedes sp.* *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12(2), 85–92.
- Piri, M., Sumampouw, H. M., Moko, E. M., Kamagi, D. W., & Lawalata, H. (2022). Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L.*) Sebagai Insektisida Alami Lalat Rumah (*Musca domestica*). *JURNAL BIOS LOGOS*, 12(2), 114–121.
- Putri, A. S. (2021). Daun pepaya (*carica papaya linnaeus*) sebagai larvasida pada larva *aedes aegypti* instar iii. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 13(2), 58–63.
- Rahayu, N., Kusumaningtyas, H., Purwaningsih, E., Udiyani, R., Atmaja, B. P., & Habe, M. H. (2022). Pengaruh air perasan daun pepaya terhadap kematian larva *Aedes albopictus* dalam upaya pencegahan penyakit demam berdarah dengue. *Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 1-8.
- Rahmaniar, D. (2016). Habitat nyamuk *Aedes albopictus* di kawasan kebun dan pinggir hutan. *Jurnal Biologi Tropika*, 16(1), 15–22.
- Rahmi, R., Rahmi Amir, & Usman. (2018). Biokontrol Ikan Pemangsa Jentik dalam Pemberantasan Vektor Nyamuk Penyebab Demam Berdarah Dangu (DBD) di Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3), 265–271.
- Ramyanti, D., & Febriani, A. (2016). Kandungan alkaloid, flavonoid, dan tanin daun pepaya (*Carica papaya L.*) serta efeknya sebagai larvasida alami. *Jurnal Biologi Udayana*, 20(2), 99–106.
- Rasjid, A., Suaebu, S., & Budirman, B. (2024). Effect of water physico-chemical parameters on the development of *Aedes aegypti* mosquito larvae in endemic areas. *Journal of Infectious and Public Health Development*, 8(12).
- Safitri, L., Irfa'i, M., Syarifudin, A., & Arifin, A. (2023). Effectiveness of papaya seed solution and avocado seed as larvicide of mosquitoes *Aedes sp.* *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 20(1), 31–36.
- Sasongko, H., Sugiyarto, S., Efendi, N.R., Pratiwi, D., Setyawan, A.D. and Sharma, R., Patel, K., & Singh, A. (2025). Impact of temperature on survival, development and longevity of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Parasites & Vectors*, 18(1), 45–53.
- Setiani, R., & Andini, A. Q. (2023). *Metodologi penelitian pendidikan*. PT Global Eksekutif Teknologi.
- Sharma, G., Khan, Z., Das, D., Singh, S., Singh, S., Kumar, M., Tiwari, R. R., & Sarma, D. K. (2025). Thermal influence on development and morphological traits of *Aedes aegypti* in central India and its relevance to climate change. *Parasites & Vectors*, 18, 279.
- Siagian, T., Rahayu, S., & Rinaldi, P. (2019). Manfaat buah pepaya (*Carica papaya L.*) dalam industri pangan dan kesehatan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1), 60–68.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukendra, D. M. (2021). Pendahuluan Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa & Penelitian Keperawatan*.
- Supriyono, Soviana, S., & Musyaffa, M. F. (2023). Morphological characteristic of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Family: Culicidae) using advanced light and scanning electron microscope. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(2), 1158–1165.

- Tamba, I. G. N. R. T., Sudarmaja, I. M., Swastika, I. K., & Diarthini, N. L. P. E. (2023). Efektifitas penggunaan bubuk biji buah pepaya (*Carica papaya* L) sebagai larvasida jentik nyamuk *Aedes aegypti*. *Intisari Sains Medis*, 14(1), 425-428.
- Tambengi, H., Susanti, D., & Prasetyo, B. (2023). Efektivitas alkaloid tanaman sebagai larvasida terhadap larva *Aedes aegypti* instar III. *Jurnal Entomologi Tropika*, 12(1), 45–52.
- Torres, J., Rivera, M., & Gomez, P. (2022). Influence of pH, light, food concentration and temperature in *Aedes aegypti* (Linnaeus) larval development. *Journal of Vector Ecology*, 47(2), 115–123.
- Widoretno, S., et al. (2018). Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap siklus gonotropik nyamuk. *Jurnal Biologi Tropis*.
- World Health Organization (WHO). (2022). Global vector control response 2017– 2030.
- Yamany, A. S., Adham, F. K., & Abdel-Gaber, R. (2023). Morphological description of the pupa of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using a scanning electron microscope. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e240084.
- Yesti, Y. (2021). Efektivitas Serbuk Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) Sebagai Larvasida *Aedes aegypti*. *Jurnal Human Care*, 6(3), 737-747.
- Ying, C., Lee, H., & Wong, S. (2021). Phytochemical and antifungal properties of papaya (*Carica papaya* L.) root extracts. *Journal of Natural Product Research*, 35(4), 211–220.
- Yuliasih, E., & Widawati, T. (2017). Kandungan saponin dan tanin pada daun pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai larvasida alami. *Jurnal Penelitian Kesehatan*, 9(2), 100–108.