

Effectiveness of Avocado Leaf (*Persea americana* Mill.) Natural Larvicide Extract with Nano Technology on Mortality of *Aedes aegypti* Larvae

Efektivitas Larvasida Alami Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan Teknologi Nano terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti* L.

Rahmawitra Cania Dewi, Abdul Razak*, Rijal Satria, Dwi Hilda Putri

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: ar710322@gmail.com

Abstract

One of the vectors of dengue fever, the *Aedes aegypti* mosquito, can be controlled by using synthetic chemical mosquito repellents such as 1% abate (temephos). However, the continuous use of abate 1% can cause water pollution and human poisoning. To overcome the side effects of using synthetic larvicides, plant extracts can be used as natural larvicides, one of which is avocado leaf. One of the efforts to increase the content of active ingredients in avocado leaves can be done by using nano bubbles. This study aims to determine the effectiveness of avocado leaf extract (*Persea americana* Mill.) on the mortality of *Aedes aegypti* larvae. This study used a completely randomized design (CRD). There are positive control and negative control and 3 treatments in the form of avocado leaf extract diluted with nanobubble water with concentrations of 5%, 10% and 15%. The test material used in this study was *Aedes aegypti* instar III mosquito larvae. Observations were made for 48 hours. Data were analyzed by probit analysis to determine LC₅₀ and LT₅₀, One Way ANOVA and Post Hoc BSD test. The results showed significant differences ($P < 0.05$). The results of probit analysis obtained LC₅₀ is 5.326% and LT₅₀ value is 35 hours. The conclusion of this study is that avocado leaf extract natural larvicide with nano technology is effective on the mortality of *Aedes aegypti* larvae.

Key words: *Natural larvicide, Aedes aegypti, avocado leaf*

Abstrak

Salah satu vektor pembawa poenyakit Demam Berdarah Dengue, nyamuk *Aedes aegypti* dapat dikendalikan penyebarannya dengan cara penggunaan anti nyamuk kimia sintetis salah satunya abate 1% (*temephos*). Namun, penggunaan abate 1% secara terus menerus dapat menyebabkan pencemaran air dan keracunan pada manusia. Untuk mengatasi efek samping penggunaan larvasida sintetis dapat dilakukan dengan penggunaan ekstrak tanaman sebagai larvasida alami salah satunya daun alpukat. Salah satu upaya untuk meningkatkan kandungan bahan aktif pada daun alpukat dapat dilakukan dengan menggunakan gelembung nano. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) terhadap mortalitas larva *Aedes aegypti*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat kontrol positif dan kontrol negatif dan 3 perlakuan berupa ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air *nanobubble* dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15%. Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larva nyamuk *Aedes aegypti* instar III. Pengamatan dilakukan selama 48 jam. Data dianalisis dengan analisis probit untuk mengetahui LC₅₀ dan LT₅₀, *One Way* ANOVA dan uji *Post Hoc* BSD. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan ($P < 0.05$). Hasil analisis probit didapatkan LC₅₀ adalah 5,326% dan nilai LT₅₀ adalah 35 jam. Kesimpulan dari penelitian ini adalah larvasida alami ekstrak daun alpukat dengan teknologi nano efektif terhadap mortalitas larva *Aedes aegypti*.

Kata kunci: *Larvasida alami, Aedes aegypti, daun alpukat*

Pendahuluan

Kondisi wadah kontainer berukuran besar dan sulit untuk dibersihkan, jarang terawat dan jarang dikuras secara berkala, serta letak wadah banyak ditemukan diluar rumah dengan kondisi wadah berwarna gelap. Perlu pengawasan serius terhadap kontainer tersebut untuk mencegah menjadi sarang nyamuk. Hal tersebut memudahkan nyamuk *Aedes aegypti* untuk berkembang biak sehingga populasi nyamuk tersebut akan terus meningkat. Meningkatnya populasi nyamuk *Aedes aegypti* ini akan menyebabkan resiko terjadinya infeksi virus Demam Berdarah Dengue menjadi lebih cepat sehingga jumlah kasus DBD pun akan meningkat (Onasis *et al.*, 2023).

Faktor manusia juga berpengaruh dalam pertumbuhan populasi nyamuk, sebagian kota-kota besar di Indonesia berkembang dengan segala implikasinya seperti tumbuhnya daerah kumuh akibat urbanisasi, terbatasnya persediaan air bersih, pengelolaan lingkungan yang tidak profesional, dan penularan yang diakibatkan oleh banyaknya tempat yang potensial sebagai sarang yang digunakan nyamuk *A. aegypti* untuk bertelur seperti bak penampungan air di ember, drum, tempat makanan burung serta wadah lainnya (Onasis *et al.*, 2019). Habitat nyamuk *Aedes* adalah kontainer dalam rumah tangga yang berpotensi menjadi tempat perindukan nyamuk yang aktif pada siang hari dan dapat hidup di dalam maupun di luar rumah (Onasis *et al.*, 2024).

Sebagai salah satu vektor pembawa penyakit, nyamuk *Aedes* dapat dikendalikan penyebarannya dengan menekan jumlah populasi hidupnya atau memutus siklus hidupnya yang dapat dilakukan dengan cara penggunaan anti nyamuk kimia sintetis atau repellent (Broto *et al.*, 2021). Tingkat toksisitas dari setiap bahan aktif yang terdapat dalam insektisida antinyamuk berbeda-beda. Hal ini menyebabkan tingkat efek toksis yang ditimbulkan juga akan berbeda, yang juga dipengaruhi oleh intensitas pemakaiannya. Efek negatif yang timbul bisa secara akut jika pemajanan dengan intensitas yang sangat tinggi, dan bisa berefek kronis dengan pemajanan pada intensitas rendah pada jangka waktu yang lama (Purba *et al.*, 2020).

Larvasida yang umum digunakan oleh masyarakat adalah larvasida sintetis karena harganya yang murah serta lebih praktis untuk diaplikasikan. Salah satu larvasida sintetis yang banyak digunakan adalah abate 1% (temephos). Namun, penggunaan abate secara terus menerus dapat memberikan dampak yang berbahaya, seperti mencemari kondisi air, terutama air minum (Ekayani *et al.*, 2021). Penggunaan abate juga dapat mengakibatkan keracunan pada manusia seperti mual, pusing, dan gangguan saraf lain jika diberikan dosis yang sangat tinggi, serta menyebabkan polusi lingkungan. Abate yang digunakan terlalu lama dapat mengakibatkan kerentanan berupa terjadinya resistensi pada vektor penyakit DBD (Ishak *et al.*, 2019). Oleh karena itu, diperlukan upaya lain untuk dapat mengatasi efek samping dari penggunaan larvasida sintetis seperti penggunaan ekstrak tanaman sebagai larvasida alami yang aman bagi manusia dan lingkungan (Aditama *et al.*, 2022). Berbagai potensi tanaman tropis yang dapat digunakan sebagai insektisida alami merupakan salah satu cara untuk menjaga kelestarian lingkungan dan aman bagi manusia dan hewan sebagai penghuni bumi (Pariyasi dan Razak, 2022).

Larvasida alami merupakan larvasida yang terbuat dari tanaman yang mempunyai kandungan beracun terhadap serangga pada stadium larva dan tidak menimbulkan efek samping terhadap lingkungan (Simbolon dan Martias, 2020). Larvasida alami relatif lebih mudah dibuat dengan kemampuan dan pengetahuan yang terbatas. Oleh karena terbuat dari bahan alami, maka jenis insektisida ini mudah terurai karena residunya mudah hilang. Larvasida alami bersifat hit and run, yaitu apabila diaplikasikan akan membunuh hama pada waktu itu dan setelahnya hama terbunuh akan cepat menghilang di alam (Pratiwi, 2012).

Senyawa yang terkandung dalam tanaman dan bersifat sebagai larvasida adalah golongan fenol, flavonoid, tannin, saponin, monoterpen, dan seskuiterpen (Sari dan Khaira, 2020). Salah satu tanaman yang mengandung flavonoid, tannin, dan saponin adalah alpukat, hal ini dibuktikan melalui skrining fitokimia yang dilakukan oleh Yanis *et al.* (2021).

Ekstrak adalah suatu kegiatan penarikan bahan kimia yang dapat larut sehingga dipisahkan dari bahan yang tidak larut dengan pelarut cair yang terkandung dalam bahan alam. Tujuan dari ekstraksi adalah untuk menarik dan memisahkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan dari tumbuhan, hewan, dan biota laut dengan menggunakan pelarut organik (Alhamda *et al.*, 2019)

Salah satu upaya untuk meningkatkan kandungan bahan aktif pada daun dapat dilakukan dengan teknologi nano. Beberapa kelebihan dari penggunaan teknologi nano diantaranya adalah dapat meningkatkan efektivitas dan stabilitas bahan aktif pada tanaman (Scott dan Chen, 2012). Salah satu contoh penggunaan teknologi nano sebagai larvasida yaitu nanobubble. Nanobubble merupakan gelembung dengan ukuran 1-100 nm ((Lyu *et al.*, 2019). Gelembung nano cenderung stabil di dalam air yang disebabkan oleh perubahan ukuran gelembung dari mikro ke ukuran nano oleh difusi gas dari dalam gelembung menyusut menjadi ukuran nano yang membuat dapat bertahan dan memberikan waktu yang lebih lama untuk berinteraksi dengan larva, sehingga meningkatkan efektivitas larvasida karena memperpanjang waktu kontak dengan target (Mauladani *et al.*, 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, belum ada penelitian mengenai efektivitas larvasida alami teknologi nano ekstrak daun alpukat terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* dengan menggunakan larva nyamuk instar III. Maka dilakukan penelitian dengan judul "Efektivitas Larvasida Alami Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) Dengan Teknologi Nano Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti* L.".

Bahan dan Metode

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari sampai April 2024. Pembuatan infusa daun alpukat dilakukan di Laboratorium Penelitian, proses rearing nyamuk di Divisi Rumah Hewan, sedangkan pemberian perlakuan pada larva *Aedes aegypti* dilakukan di Laboratorium Zoologi, Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Padang.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, timbangan digital, panci, kertas saring, kain flannel, hot plate, beaker glass, pipet tetes, sarung tangan, masker, batang pengaduk, botol plastik ukuran 300 ml, nampan plastik, botol kaca, corong gelas, teknologi nano, kandang nyamuk (ukuran 60 (p) x 40 (l) cm), kandang mencit ukuran 26 (p) x 18 (l) cm), kawat penutup kandang mencit, tempat makan dan botol minum mencit. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 kg daun alpukat, 1000 telur *Aedes aegypti*, abate 1%, aquadest, hati ayam, mencit, pakan mencit, air minum dan sekam padi.

Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan yang diberikan adalah ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air gelembung nano dengan 5 perlakuan dan 5 pengulangan.

Komposisi perlakuan adalah sebagai berikut:

K - = Tanpa perlakuan (aquadest)

K + = Abate 1% (0,001 gram)

P1 = Konsentrasi 5% (5 ml ekstrak daun alpukat + 95 ml gelembung nano)

P2 = Konsentrasi 10% (10 ml ekstrak daun alpukat + 90 ml gelembung nano)

P3 = Konsentrasi 15% (15 ml ekstrak daun alpukat + 85 ml gelembung nano)

Prosedur Penelitian

a. Persiapan Penelitian

1. Persiapan Hewan Uji

Telur nyamuk *Aedes aegypti* diletakkan ke dalam nampan plastik yang berisi air untuk pemeliharaan larva. Nampan plastik kemudian dimasukkan ke dalam kandang. Setelah 1-2 hari telur akan menetas dan menjadi larva. Larva akan berkembang dari instar I sampai instar III selama 4-5 hari. Selama perkembangannya, larva diberi makan dengan hati ayam yang direbus. Larva yang sudah sampai fase instar III kemudian dipindahkan ke dalam wadah untuk diberikan perlakuan. Sedangkan larva instar IV dibiarkan hingga menjadi pupa dan berubah menjadi nyamuk dewasa. Nyamuk jantan diberi makan dengan air gula dan nyamuk betina

diberi makan dengan darah mencit. Mencit terlebih dahulu dibului dengan mencukur sedikit bulunya dan kemudian dimasukkan ke dalam kandang berukuran kecil yang telah diberi sekam padi, wadah berisi pakan mencit, air minum, lalu kemudian ditutup dengan menggunakan kawat pada bagian atas kandang agar mencit tidak keluar dari kandang. Nyamuk betina nantinya akan bertelur pada wadah yang disediakan berupa wadah berisi air yang didalamnya dilapisi dengan kertas saring. Telur akan menempel pada kertas saring dan kemudian kertas saring akan dipindahkan ke dalam nampan plastik untuk ditetaskan kembali telur-telurnya.

2. Pembuatan Air Gelembung Nano

Pembuatan air gelembung nano dilakukan dengan cara memasukkan alat nanobubble ke dalam ember yang berisi air. Masukkan alat gelembung ke dalam ember yang telah dibersihkan kemudian isi dengan air hingga penuh. Setelah itu nyalakan alat gelembung nano dan tunggu selama 7 hari. Setelah itu air gelembung nano dimasukkan ke dalam wadah agar lebih mudah digunakan. Jika sudah selesai digunakan maka wadah dapat ditutup dan air gelembung dapat bertahan selama 3 minggu.

3. Pembuatan Ekstrak Daun Alpukat

Bahan yang digunakan sebagai larvasida adalah daun alpukat. Pembuatan ekstrak daun alpukat diawali dari pengumpulan daun alpukat, kemudian dicuci bersih dan ditiriskan selama 1 jam. Selanjutnya, daun dikering-anginkan sampai mengering. Setelah kering, daun alpukat diblender hingga menjadi serbuk (simplisia) dan dilanjutkan dengan proses infusa menggunakan dua panci yang ditumpuk terdiri dari panci atas dan panci bawah. Panci bawah berisi air bersih secukupnya yang berfungsi sebagai media pemanas, sedangkan panci atas berisi 100 gram simplisia daun alpukat dan 100 ml aquadest. Perebusan dilakukan selama 15 menit saat suhu sudah mencapai 90°C, setelah direbus 15 menit panci yang berisi simplisia tersebut diangkat dan didinginkan, kemudian disaring menggunakan kain flannel. Air hasil saringan menggunakan kain flannel tersebut disebut dengan larutan stok. Larutan stok dimasukkan ke dalam botol kaca yang sudah dibersihkan. Apabila larutan stok belum mencapai 100 ml, maka ampas simplisia yang ada pada panci ditambahkan air, kemudian diaduk dan disaring sampai diperoleh larutan stok dengan volume 100 ml. Botol yang berisi larutan stok ditutup rapat dan diberi label. Setelah itu, larutan stok diencerkan menggunakan air gelembung nano.

Pengenceran larutan stok menurut Alhamda *et al* (2019):

$$\text{Rumus pengenceran} = M1 \times V1 = M2 \times V2$$

Ket:

M1= Konsentrasi larutan pekat yang akan diencerkan.

V1= Jumlah volume yang akan di ambil dari larutan pekat telah diketahui konsentrasinya.

M2= Konsentrasi larutan encer yang ingin dibuat.

V2= Volume larutan encer yang ingin dibuat.

4. Uji Efektivitas

Uji ini dilakukan dengan ekstrak daun alpukat diencerkan dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% dengan volume 100 ml. Sebanyak 25 ekor larva *Aedes aegypti* instar III dimasukkan ke dalam larutan tersebut lalu dihitung mortalitas setelah 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dan 48 jam setelah perlakuan. Perlakuan yang sama diulangi sebanyak 5. Kriteria larva mati yaitu jika larva tidak bergerak dan tidak memberikan respon saat disentuh (Hanafiah, 2008). Uji efektivitas ini dilakukan untuk mengetahui daya bunuh dari ekstrak daun alpukat terhadap larva *Aedes aegypti* dengan menentukan nilai LC50 (Lethal Concentration 50), dan LT50 (Lethal Time 50) dengan menggunakan analisis Probit. Untuk mengetahui presentase kematian larva uji dihitung menggunakan rumus:

Presentase Mortalitas =

$$(\text{Rata-rata kematian larva uji})/(\text{Jumlah larva uji}) \times 100\%$$

Analisis Data

Parameter pengamatan pada penelitian ini adalah jumlah mortalitas larva *Aedes aegypti*. Data dianalisis dengan One Way ANOVA dan analisis probit. Syarat dari One Way ANOVA yaitu data terdistribusi normal dan varian homogen. Uji normalitas dilakukan paling awal untuk mengetahui distribusi data, karena memiliki jumlah sampel < 50 maka normalitas data dapat dilihat pada tabel Saphiro-Wilk. Jika nilai sig. > 0,05 maka data terdistribusi normal dan sebaliknya. Apabila hasil menunjukkan tidak terdistribusi normal, analisis dilanjutkan dengan alternatif dari One Way ANOVA yaitu Kurskal-Wallis dan Mann-Whitney. Kemudian untuk menentukan kadar konsentrasi efektif larvasida ditentukan dengan nilai LC50 dan LT50 dimana nilai tersebut dapat ditentukan dengan uji probit.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian efektivitas larvasida alami ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill) dengan teknologi nano terhadap mortalitas *Aedes aegypti* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan Presentase Kematian Larva *Aedes aegypti* Selama 48 jam Pengujian.

Konsentrasi	Jumlah larva	Jumlah kematian pada replikasi ke					Rata-rata jumlah kematian (larva)	Persentase kematian
		I	II	III	IV	V		
5%	125	12	11	13	11	10	11,4	45,6%
10%	125	21	21	23	20	22	21,4	85,6%
15%	125	25	24	24	23	22	23,6	94,4%
Kontrol -	125	1	0	0	2	1	0,8	3,2%
Kontrol +	125	25	24	25	23	24	24,2	96,8%

Berdasarkan data dari Tabel 1. menunjukkan bahwa persentase kematian larva *Aedes aegypti* setelah pemberian ekstrak daun alpukat yang telah diencerkan dengan air *nanobubble* selama 48 jam yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi 15% sebesar 94,4% kematian larva *A. aegypti*. Sedangkan persentase kematian terendah pada konsentrasi 5% yakni sebesar 45,6% kematian larva *A. aegypti*. Pada kontrol positif yang diberikan abate 0,01 gr mengalami 96,8 total kematian sedangkan kontrol negatif yang tidak diberi perlakuan mengalami 3,2% kematian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak larvasida daun alpukat yang diberikan maka semakin tinggi pula persentase kematian pada larva.

Sebelum dilakukan analisis probit untuk mengetahui LC50 dan LT50, terlebih dahulu dilakukan uji analisis data dengan menggunakan One Way ANOVA untuk mengetahui adanya perbedaan rata-rata kematian larva dengan perlakuan berbagai konsentrasi antar kelompok dengan syarat harus memenuhi uji distribusi data yang terdiri dari uji normalitas dan uji homogenitas data. Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji Kolgomorov-Smirnov karena jumlah sampel >50. Uji ini dilakukan untuk menilai sebaran data yang ada terdistribusi normal atau tidak. Data berdistribusi normal jika $P > 0,05$. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai $P > 0,05$ dimana semua kelompok terdistribusi normal. Kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas data menggunakan uji Levene. Varian data dapat dikatakan homogen jika nilai $P > 0,05$. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai $P > 0,05$ yang berarti varian data homogen, sehingga dapat dilanjutkan uji One Way ANOVA.

Nilai signifikansi yang diperoleh pada uji One Way ANOVA sebesar $P = < 0,001$, karena nilai $P < 0,05$ maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan secara signifikan dari jumlah larva yang mati antar konsentrasi. Uji statistika dilanjutkan pada uji Post-hoc untuk mengetahui perbedaan antar kelompok dalam menyebabkan kematian larva. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Analisis perbandingan antar kelompok perlakuan

Konsentrasi	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	Kontrol +	Kontrol -
P1 (5%)	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P2 (10%)	<0,001	-	0,22	0,03	<0,001
P3 (15%)	<0,001	0,22	-	0,885	<0,001
Kontrol +	<0,001	0,03	0,885	-	<0,001
Kontrol -	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-

Jika nilai $P > 0,05$ maka terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa setiap konsentrasi perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 5% dengan konsentrasi 10%. Sedangkan antara konsentrasi 10% dan 15% tidak ada perbedaan yang signifikan. Penentuan ladar konsentrasi dan waktu efektif ekstrak daun alpukat (*Persea americana* M.) yang diencerkan dengan air gelembung nano dapat ditentukan dengan LC50 dan LT50 menggunakan analisis probit. Hasil analisis probit dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai analisis Probit LC50 dan LT50 ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) yang diencerkan dengan air gelembung nano

	Nilai	Batas Bawah	Batas Atas
LC ₅₀	5,222	0,000	10,618
LT ₅₀	35,583	9,642	58,217

Hasil analisis Probit pada uji larvasida didapatkan konsentrasi LC50 dan LT50 ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air gelembung nano adalah 5,222% dan 35 jam. Berdasarkan hal itu, maka dapat disimpulkan konsentrasi yang dapat membunuh 50% dari jumlah total hewan uji pada penelitian ini adalah 5% dan waktu yang dapat membunuh 50% dari jumlah total hewan uji pada penelitian ini adalah 35 jam dari ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air gelembung nano.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan jumlah kematian yang berbeda pada setiap konsentrasi dalam waktu 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 18 jam, 24 jam dan 48 jam. Persentase kematian tertinggi terdapat pada konsentrasi 15% dengan rata-rata kematian sebesar 23,6. Pada konsentrasi 5% mengalami persentase kematian terendah yaitu sebesar 45,6% dengan rata-rata kematian sebesar 11,4. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang dipakai maka semakin toksik dalam membunuh larva (Saputri *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini kematian larva *Aedes* ditandai dengan melemahnya larva ketika disentuh atau digerakkan dan kemudian mati. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi saponin dan tanin sebagai racun perut dan flavonoid sebagai racun pernapasan yang mampu membunuh larva (Simbolon dan Martias, 2020). Larva yang mati akan berwarna putih pucat atau bisa jadi transparan. Hasil kematian yang bervariasi pada setiap pengulangan dapat disebabkan oleh pertahanan atau kondisi tubuh larva yang berbeda (Susiwati, 2018).

Pada kelompok kontrol (+) digunakan abate 1% sebanyak 0,01 gram. Abate (temephos) merupakan salah satu pestisida golongan senyawa fosfat organik. Pada kelompok kontrol (+) ini, larva mengalami kematian sebesar 96,8% dengan rata-rata kematian sebesar 24,2. Golongan pestisida ini akan menghambat enzim cholinesterase sehingga menimbulkan gangguan pada aktivitas saraf karena tertimbun acetylcholine pada ujung saraf. Enzim cholinesterase berfungsi untuk menghidrolisa acetylcholine menjadi kolin dan asam cuka, sehingga bila enzim tersebut dihambat maka hidrolisa acetylcholine tidak akan terjadi dan menyebabkan otot akan berkontraksi dalam waktu yang lama dan akan terjadi kekejangan (Perumsalan, 2009). Dengan menggunakan abate yang merupakan salah satu dari golongan pestisida organofosfat maka enzim cholinesterase akan diikat atau dihancurkan sehingga terjadi kekejangan otot secara terus menerus dan larva akhirnya mati (Nugroho, 2011).

Pada perlakuan kontrol (-) yang tidak diberi perlakuan mengalami kematian 3,2% dengan rata-rata kematian sebesar 0,8. Hal ini disebabkan karena tidak dilakukannya aklimatisasi terhadap larva terlebih dahulu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Marini *et al.* (2018), larva diaklimatisasi terlebih dahulu selama satu jam dengan tujuan memperoleh larva yang sehat dan siap digunakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok kontrol (+) memang lebih cepat dalam membunuh larva jika dibandingkan dengan ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air gelembung nano. Namun, penggunaan abate yang merupakan insektisida dari bahan kimia dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran air (Ekayani *et al.*, 2021). Penggunaan abate juga dapat mengakibatkan keracunan pada manusia seperti mual, pusing, dan gangguan saraf lain jika diberikan dosis yang sangat tinggi, serta menyebabkan polusi lingkungan. Abate yang digunakan terlalu lama dapat mengakibatkan kerentanan berupa terjadinya resistensi pada vektor penyakit DBD (Ishak *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil uji One Way ANOVA, diperoleh nilai signifikansi $P < 0,001$ yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing kelompok perlakuan. Maka dapat dikatakan bahwa ekstrak daun alpukat dengan menggunakan gelembung nano efektif terhadap mortalitas. Selanjutnya analisis dilanjutkan dengan uji Post-Hoc. Pada uji Post-Hoc menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antar kelompok perlakuan terhadap mortalitas larva. Pada kelompok perlakuan konsentrasi 10% dan 15% tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena keduanya memiliki efektivitas yang hampir sama. Perlakuan

dengan konsentrasi 5% memiliki perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan 10%, 15%, kontrol positif dan juga kontrol negatif.

Berdasarkan hasil yang penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ekstrak daun alpukat yang diencerkan dengan air gelembung nano yang diberikan selama 48 jam dapat membunuh larva *A. aegypti*. Kemampuan daun alpukat dalam membunuh larva dikarenakan tumbuhan ini memiliki senyawa metabolit sekunder yang berpotensi dalam membunuh larva *A. aegypti*. Berdasarkan hasil skrining fitokimia yang dilakukan oleh Putri *et al.* (2023) menunjukkan bahwa daun alpukat mengandung senyawa flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, steroid, terpenoid, dan fenol.

Flavonoid bekerja sebagai inhibitor kuat sistem pernapasan atau sebagai racun pernapasan. Flavonoid dapat menghambat jalannya pernapasan dimana saraf larva dilemahkan dan terjadinya gangguan pernapasan yang akan menyebabkan kematian pada larva (Prakoso *et al.*, 2016). Senyawa flavonoid bekerja sebagai racun inhalasi dengan masuk ke dalam mulut melalui saluran pencernaan berupa spirakel yang terdapat di permukaan tubuh yang kemudian akan menimbulkan kelemahan pada saraf dan kerusakan spirakel yang kemudian akan menyebabkan kematian (Sitorus dan Marini, 2019).

Chaieb (2010) menyatakan bahwa senyawa saponin memiliki efek mengganggu pola makan sehingga nafsu makan larva menjadi menurun dan larva menjadi kelaparan. Selain itu, efek yang ditimbulkan oleh senyawa ini adalah mengganggu pertumbuhan larva. Senyawa saponin juga dapat menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan makanan. Pengaruh saponin terlihat pada gangguan fisik pada larva yaitu merusak lapisan lilin yang melindungi tubuh larva bagian luar sehingga kehilangan banyak cairan dan menyebabkan kematian. Selain merusak lapisan lilin, saponin juga masuk ke sistem pernapasan dan mengganggu proses pernapasan serta merusak mukosa saluran pencernaan larva sehingga dinding traktus digestivus mengalami korosif.

Alkaloid dapat mengganggu sistem kerja saraf dengan menghambat kerja enzim acetylcholinesterase (AChE). Hal ini menyebabkan terjadinya penumpukan asetilkolin yang menurunkan sistem penghantaran impuls ke sel-sel otot, sehingga larva mengalami kekejangan dan berakhir dengan kematian (Wahyuni dan Loren, 2015). Ciri fisik yang ditunjukkan akibat dari kandungan alkaloid yaitu terjadi perubahan warna tubuh larva menjadi transparan dan gerakan tubuh larva menjadi melambat bila dirangsang sentuhan serta selalu membengkokkan badannya (Hidayah *et al.*, 2021).

Senyawa tanin juga dapat menghambat kerja enzim dan penghilang substrat (protein). Dengan terikatnya enzim oleh tanin, maka kerja dari enzim tersebut menjadi terhambat sehingga proses metabolisme sel dapat terganggu dan larva akan kekurangan nutrisi. Akibatnya pertumbuhan larva menjadi terhambat dan jika berlangsung terus menerus akan menyebabkan kematian pada larva (Kaihena *et al.*, 2011). Senyawa tanin berkemungkinan dapat masuk melalui dinding tubuh dan menyebabkan gangguan otot larva. Otot gerak larva akan melemah dan pergerakan larva mulai bertambah pelan (Wenas *et al.*, 2023).

Steroid dapat mengganggu struktur octopamine, jika terjadi gangguan di struktur octopamine maka terjadi gangguan aktivitas larva sehingga meningkatkan mortalitas larva (Wulandari dan Ahyanti, 2018). Steroid juga dapat menghambat Sterol Carrier Protein (SCP) sehingga larva tidak dapat mengubah sterol menjadi kolesterol dan kemudian akan mengganggu proses pertumbuhan dan perkembangan larva (Laksono *et al.*, 2022).

Selain disebabkan oleh kandungan senyawa yang dimiliki oleh daun alpukat, penggunaan air gelembung nano juga membantu meningkatkan kandungan bahan aktif pada daun. Gelembung nano cenderung stabil di dalam air yang disebabkan oleh perubahan ukuran gelembung dari mikro ke ukuran nano oleh difusi gas dari dalam gelembung menyusut menjadi ukuran nano yang membuat dapat bertahan dan memberikan waktu yang lebih lama untuk berinteraksi dengan larva, sehingga meningkatkan efektivitas larvasida karena memperpanjang waktu kontak dengan target (Mauladani *et al.*, 2020). Ukuran gelembung nano yang sangat kecil memungkinkannya untuk menembus pori-pori dan celah-celah kecil di permukaan larva. Hal ini dapat meningkatkan efektivitas larvasida dengan memungkinkan bahan aktif untuk mencapai target dengan lebih baik. Pada uji probit didapatkan LC50 sebesar 5,222%. Hal ini berarti ekstrak daun alpukat dengan konsentrasi 5,222% mampu membunuh 50% dari total larva uji. Nilai LT50 yang diperoleh adalah 35, 583.

Daftar Pustaka

Aditama, W., Nasrullah, Khairunissa, Zulfikar, Arianto, B., & Darmiati. (2022). Perbedaan Ekstrak Biji Dan Daun Alpukat (*Persea americana* Mill) Sebagai Ovisida Terhadap Telur Nyamuk *Aedes aegypti*. *Buletin Kesehatan Lingkungan Masyarakat*, Vol. 41(4): 174-180.

- Alhmda, S., Barlia, E., Razak, A., Sari, M. & Herawati, N. (2019). Effectiveness of Soursop Seed Extract (*Annona Muricata* L.) as a Natural Repellent on *Aedes aegypti*. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. Vol. 8(12): 5012-5018.
- Broto, W., Fatimah, S., Arifan, F., & Damayanti, E. (2021). Pemanfaatan Ekstrak Batang Serai dan Limbah Kulit Jeruk Sebagai Obat Spray Anti Nyamuk. *Jurnal Penelitian Terapan Kimia*, Vol. 2(1): 6-11.
- Chaieb, I. (2010). Saponin as Insecticides: a Review. *Tunisian Journal of Plant Protection*, Vol. 2(4): 52-60.
- Ekayani, M., Juliantoni, Y., & Hakim, A. (2021). Uji Efektivitas Larvasida dan Evaluasi Sifat Fisik Sediaan Losio Antinyamuk Ekstrak Etanol Daun Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1261-1270.
- Hidayah, N., Kurnianto, A., Bhelo, A., & Palgunadi, B. (2021). Efektivitas Campuran Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *VITEK: Bidang Kedokteran Hewan*, Vol. 11(2): 64-70.
- Ishak, N., Kasman, & Chandra. (2019). Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Limau Kuit (*Citrus Amblycarpa*) sebagai Larvasida *Aedes aegypti* Instar III. *Jurnal MKMI*, Vol. 15(3): 302-310.
- Kaihena, M., Laliatu, V., & Nindatu, M. (2011). Efektivitas Ekstrak Etanol dan Daun Bintaro (*Piper Batle* L.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Anopheles* sp dan *Culex* sp. *Molucca Medica*, Vol. 4(1): 88-105.
- Laksono, F. W. (2022). Pengaruh Insektisida Alami Ekstrak Daun Jelatang Terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Vol. 12(1): 1-8.
- Lyu, T., Wu, S., Mortimer, R., & Pan, G. (2019). Nanobubble Technology in Environmental Engineering: Revolutionization Potential and Challenges. *Sci. Technol*, Vol. 53(13): 7175-7176.
- Marini, Ni'mah, T., Mahdalena, V., & Komariah, R. H. (2018). Potensi Ekstrak Daun Marigold (*Tagetes erecta* L.) sebagai Larvasida Terhadap Larva *Aedes aegypti* di Laboratorium. *Jurnal Vektor Penyakit*, Vol. 12 (2): 109-114
- Mauladani, S., Rahmawati, A., Absirin, M., Saputra, R., Pratama, A., Hidayatullah, A., . . . Rochman, N. (2020). Economic Feasibility Study of *Litopenaeus vannamei* Shrimp: Nanobubble Investment in Increasing Harvest Productivity. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, Vol. 19(1): 30-38.
- Nugroho, R., & Nur., F. (2018). *Potensi Bahan Haytai Sebagai Immunostimulan Hewan Akuatik*. Sleman: Deepublish.
- Onasis, A., Barlian, E., & Razak, A. (2019). Studies Breeding Places of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Dengue Endemic Padang Area. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 314(1), p.012022
- Onasis, A., Razak, A., Barlian, E. Dewata, Sugiarta, E., Lindawati. & Hidayanti, R. (2023). Pengendalian Nyamuk *Aedes* so oleh Keluarga Terhadap Risiko Keruangan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, Vol. 22(3): 237-244
- Onasis, A., Brlian, E., Razak, A., Dewata, I., Umar, I., & Hidayanti, R. (2024). Adaptation Model of *Aedes* sp. Mosquito Density Breeding to the Effect of Enviromental Risk Control. *Journal of Sustainability Science and Management*, Vol. 19(2): 195-213.
- Pariyasi, & Razak, A. The Use of Natural in the Control of The *Aedes aegypti* Mosquito. (2022). *Science and Environmental Journals for Postgraduate*, Vol. 4(2): 40-44.
- Pratiwi, A. (2012). Penerimaan Masyarakat Terhadap Larvasida Alami. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 8(1): 88-93.
- Purba, I., Septiawati, E., Sitorus, R., & Lionita, W. (2020). Keluhan Kesehatan Subjektif Pada Masyarakat Pengguna Insektisida Antinyamuk di Kecamatan Indralaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, Vol. 19(1): 35-44.
- Putri, N., Sari, N., & Permatasari, A. (2023). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) dan Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc var. *rubrum*). *Jurnal Kesehatan, Sains, dan Teknologi (JAKASAKTI)*, Vol. 2 (3): 35-48.
- Saputri, G., Marcelia, S., & Eldianta, D. (2021). Uji Larvasida Ekstrak Etanol Batang Pepaya (*Carica Papaya* L.) Terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, Vol. 8(4): 398-405.
- Sari, M., & Khaira, I. (2020). Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Epidemika*, Vol. 1(1): 17-23.
- Simbolon, V., & Martias, I. (2020). Ekstrak Daun Mengkudu dan Daun Pepaya Sebagai Larvasida Alami terhadap Kematian Larva Nyamuk *Aegypti*. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, Vol. 9(1): 12-18.
- Sitorus, H., & Marini. (2019). Beberapa Tanaman yang Berpotensi sebagai Repelen di Indonesia. *SPIRAKEL*, Vol. 11(1): 24-33.

- Susiwati., Apriani, K. L., & Sahidan. (2018). Efektivitas Ekstrak Infusa Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Biolarvasida Nyamuk *Aedes* sp di Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, Vol. 5(1): 6065
- Wahyuni, D., & Loren, I. (2015). Perbedaan Toksisitas Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) dengan Ekstrak Biji Srikaya (*Annona squamosa* L.) Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L. *Saintifika*, Vol. 17(1):38-46.
- Wenas, D., Fajrin, M., & Sabaryanti. (2023). Potensi Larvasida Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana*) terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Saintech Farma*, Vol. 16(1): 13-21.
- Yanis, B., Yalindua, A., Ogi, N., & Tengker, A. (2021). Skrining Fitokimia dan Uji Toksisitas Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Larva Udang (*Artemia salina* Leach). *Nukleus Biosains*, Vol. 2(2): 53-62.