



Efek Kombinasi Tanaman Dengan Variasi Konsentrasi Terhadap Mortalitas Larva *Culex* sp. (Diptera: Culicidae)

Mei Ahyanti¹, Prayudhy Yushananta^{1*}

¹ Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Tanjung Karang

Artikel Info:

Received March 30, 2024
Accepted May 9, 2024
Available online May 20, 2024

Keyword:

A. muricata; *A. bilimbi*; Bio-larvacide; *Culex* sp.;
P. guajava

Kata kunci:

A. muricata; *A. bilimbi*; Bio-larvasida; *Culex* sp.;
P. guajava



Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstract

After understanding the negative impacts of the long-term use of synthetic chemical insecticides, botanical insecticides are the best choice for controlling disease vector mosquitoes. The research aims to evaluate the larvicidal effect of a combination of four plant types on *Culex* sp. The study used a completely randomized factorial design (with two replications) from March – July 2023. Four types of plants (*Catharanthus roseus*, *Annona muricata*, *Psidium guajava*, and *Averrhoa bilimbi*) were combined in pairs with concentrations of the stratified mixture and observed for 24 hours. Plant extraction by maceration using Ethanol (24 hours), evaporated until concentrated, and diluted with distilled water to the desired concentration. *Culex* sp. larvae reared from the egg phase to the first filial (F1). Twenty larvae (instar-III) were used in each test, with controls. Data were analyzed using two-way ANOVA (Confidence Level = 95%). Research found that *A. muricata*, *P. guajava*, and *A. bilimbi* leaf extracts (single or in pairs) caused mortality (5-20%) of *Culex* sp. larvae. after one hour of exposure. At six hours of exposure, *A. muricata* and *P. guajava* caused mortality up to 70%. Larval mortality reached 100% after 24 hours of exposure. The statistical analysis results did not show differences in larval mortality based on plant type ($P = 0.084$) and mixture concentration ($P = 0.858$). However, it significantly differed based on exposure time ($P = 0.0001$). Of the four examined, two plants showed the best larvicidal effect against *Culex* sp., namely *A. muricata* and *P. guajava*. Even though it shows promising results, using high concentrations is still an obstacle to application. Bioactive compound engineering is suggested to increase bio-larvicide activity.

Insektisida nabati menjadi pilihan terbaik untuk mengendalikan nyamuk vektor penyakit, setelah pemahaman dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia sintesis jangka panjang. Penelitian bertujuan mengevaluasi efek larvasida dari kombinasi empat jenis tanaman terhadap *Culex* sp. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (dengan dua ulangan), dilakukan selama bulan Maret – Juli 2023. Empat jenis tanaman (*Catharanthus roseus*, *Annona muricata*, *Psidium guajava*, dan *Averrhoa bilimbi*) dikombinasikan berpasangan dengan variasi konsentrasi campuran bertingkat, dan diamati selama 24 jam. Ekstraksi tanaman dengan maserasi menggunakan *Ethanol* (24jam), dievaporasi hingga pekat, dan diencerkan dengan akuades untuk konsentrasi diinginkan. Larva *Culex* sp. dipelihara dari fase telur hingga turunan pertama (F1). Dua puluh larva instar-III digunakan pada setiap pengujian, dengan kontrol. Data dianalisis dengan ANOVA two-way (Confidence Level= 95%). Hasil penelitian mendapatkan bahwa tiga dari empat tanaman memberikan efek mortalitas (5-20%) sejak satu jam setelah paparan, yaitu *A. muricata*, *P. guajava*, dan *C. roseus*. Setelah enam jam paparan, *A. muricata* dan *P. guajava* memberikan efek mortalitas tertinggi (70%). Setelah 24 jam paparan, seluruh larva mengalami kematian pada semua perlakuan. Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan mortalitas larva berdasarkan waktu paparan ($P = 0,0001$), namun tidak signifikan berdasarkan jenis tanaman ($P = 0,084$) dan konsentrasi campuran ($P = 0,858$). Dari empat yang diperiksa, dua jenis tumbuhan menunjukkan efek larvasida terbaik terhadap *Culex* sp., yaitu *A. muricata* dan *P. guajava*. Walaupun menunjukkan hasil yang menjanjikan, penggunaan konsentrasi tinggi masih menjadi kendala untuk diaplikasikan secara luas. Rekayasa senyawa bioaktif disarankan untuk meningkatkan aktivitas dan menurunkan konsentrasi larvasida.

* Corresponding author: Prayudhy Yushananta
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Tanjung Karang
Email: prayudhyushananta@gmail.com

PENDAHULUAN

Nyamuk (masuk dalam famili Culicidae) merupakan vektor yang bertanggung jawab terhadap penyebaran beberapa penyakit berbahaya yang dapat menyebabkan kematian, seperti malaria oleh *Anopheles* sp., demam berdarah oleh *Aedes* sp., dan filariasis oleh *Culex* sp. (Amutha et al., 2019; Kumar et al., 2020). Malaria mengakibatkan lebih dari 400.000 kematian, demam berdarah menginfeksi sekitar 230 juta orang dengan 40.000 kematian, dan sekitar 51 juta orang terinfeksi filaria dengan kerugian produktivitas (Pratama & Yushananta, 2021; Putri & Yushananta, 2022; WHO, 2020, 2023; Yushananta, 2021).

Pengendalian nyamuk merupakan metode utama dalam mencegah penyebaran penyakit. Pengendalian pada tahap larva menjadi strategi yang paling efektif untuk mengurangi populasi nyamuk vektor penyakit (Bilal et al., 2017; Duguma et al., 2017; Floore, 2006). Selama lima dekade terakhir, pengendalian nyamuk telah menggunakan insektisida kimia sintetis (Duguma et al., 2017; Floore, 2006). Namun, penggunaan insektisida kimia sintetis secara luas dan terus-menerus telah mengakibatkan pencemaran lingkungan, resistensi fisiologis pada vektor, dan mempengaruhi siklus nutrisi pada produksi primer (Kamran et al., 2022; Khan, 2022; Silalahi et al., 2022; Smith et al., 2016). Pestisida kimia sintetis bertahan lama di lingkungan perairan dan terakumulasi dalam lipid, sehingga memfasilitasi biomagnifikasi dalam rantai makanan perairan dan toksisitas terhadap predator (Schlechtriem et al., 2012). Untuk itu diperlukan pencarian dan pengembangan metode pengendalian vektor yang aman bagi lingkungan, dapat terurai secara hayati, berbiaya rendah, dan dapat digunakan secara mudah oleh individu dan komunitas (Mittal & Subbarao, 2003).

Insektisida nabati merupakan pilihan terbaik untuk mengendalikan nyamuk karena mengandung bahan kimia aktif biologis yang mudah terurai menjadi produk yang tidak beracun bagi spesies lain (Benelli & Beier, 2017; Pavela et al., 2019; Senthil-Nathan, 2020; Yushananta & Ahyanti, 2021). Beberapa tahun terakhir, telah dilaporkan efektivitas ekstrak tumbuhan sebagai insektisida (terutama terhadap larva nyamuk),

dapat terurai secara hayati, aman bagi lingkungan, dan spesifik sasaran (Bilal et al., 2017; Mittal & Subbarao, 2003; Pavela et al., 2019).

Senyawa bioaktif pada ekstrak tumbuhan adalah (sesuai abjad): asetogenin, alkaloid, alkamida, antrakuinon, kumarin, flavonoid, limonoid, poliasetilen, seskuiterpen lakton, sterol, tiofena, triterpenoid, dan xanton. Sebagian besar diketahui berperan penting dalam pertahanan kimia tanaman secara konstitutif atau terinduksi terhadap mikroorganisme, seperti jamur, bakteri, virus, dan serangga berbahaya (Pavela et al., 2019). Penelitian lain menyimpulkan bahwa senyawa alkaloid, saponin, tanin dan flavonoid pada tumbuhan dapat memberikan efek kematian pada larva melalui pencernaan, pernafasan, dan sistem saraf (Chaieb, 2017; Govindarajan et al., 2016; Hidayati & Suprihatini, 2020; Pavela et al., 2019; Rohmah et al., 2020; Yushananta & Ahyanti, 2021).

Hasil penelitian Ahyanti dan Yushananta terhadap 14 jenis tanaman (biasa tumbuh di pekarangan penduduk) mendapatkan empat jenis tanaman berpotensi yang menjanjikan sebagai insektisida nabati yaitu *Annona muricata* L. (Magnoliales: Annonaceae), *Averrhoa bilimbi* L. (Oxalidales: Oxalidaceae), *Catharanthus roseus* L. (Gentianales: Apocynaceae), and *Psidium guajava* L. (Myrtales: Myrtaceae) (Ahyanti et al., 2023; Ahyanti & Yushananta, 2023a, 2023b). Sejauh pengetahuan kami, belum ada laporan yang mengkombinasikan ekstrak empat jenis tanaman untuk mengetahui efektifitasnya sebagai larvasida. Penelitian bertujuan untuk menilai potensi larvasida dari kombinasi empat tanaman berpotensi terhadap nyamuk *Culex* sp., yaitu *C. roseus*, *A. muricata*, *P. guajava*, dan *A. bilimbi*.

METODE

Rancangan penelitian dan Etik

Penelitian menggunakan Rancang Acak Lengkap Faktorial, dengan dua kali ulangan. Variabel yang diteliti (Tabel 1) adalah kombinasi ekstrak empat jenis tanaman (6 level), konsentrasi campuran (9 level), dan waktu paparan (4 level). Keseluruhan proses penelitian telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Politeknik Kesehatan Tanjungkarang Nomor 259/KEPK-TJK/IV/2023.

Tabel 1. Level variabel penelitian.

| No | Variabel | Level | Keterangan |
|----|----------------------|-------|--|
| 1 | Jenis tanaman | 6 | 1. AB= <i>C. roseus</i> dan <i>A. muricata</i> 2. AC= <i>C. roseus</i> dan <i>P. guajava</i> 3. AD= <i>C. roseus</i> dan <i>A. bilimbi</i> 4. BC= <i>A. muricata</i> dan <i>P. guajava</i> 5. BD= <i>A. muricata</i> dan <i>A. bilimbi</i> 6. CD= <i>P. guajava</i> dan <i>A. bilimbi</i> |
| 2 | Konsentrasi campuran | 9 | 1. 0% : 100%; 2. 10% : 90%; 3. 20% : 80%; 4. 30% : 70%; 5. 40% : 60%; 6. 50% : 50%; 7. 60% : 10%; 8. 70% : 30%; 9. 80% : 20%; 10. 90% : 10%; 11. 100% : 0% |
| 3 | Waktu paparan | 4 | 1. 1 jam 2. 6 jam 3. 12 jam 4. 24 jam |

Koleksi tanaman dan ekstraksi

Daun seluruh tanaman (*C. roseus*, *A. muricata*, *P. guajava*, dan *A. bilimbi*) dikumpulkan, dicuci berulang dengan air leding untuk menghilangkan kotoran. Selanjutnya dipotong halus, dan dikeringkan tanpa sinar matahari langsung selama tujuh hari, dilanjutkan dengan oven (40 °C) selama enam jam. Daun kering kemudian dihaluskan menggunakan penggiling listrik (Anex Germany). 100gram bubuk kering (setiap jenis tanaman) direndam dalam labu dengan 1 liter ethanol 96% selama 2x24 jam. Larutan hasil rendaman selanjutnya disaring dan diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 60 °C hingga tersisa bahan pekat (konsentrasi 100%). Pencampuran ekstrak berdasarkan kombinasi jenis tanaman dan konsentrasi, mengikuti rancangan (Tabel 1).

Pengumpulan dan Pemeliharaan Nyamuk

Telur nyamuk *Culex* sp. dikumpulkan dari lingkungan menggunakan *ovitrap*, yaitu gelas plastik berwarna hitam, berisi 2/3 air bersih, dan dipasangkan kertas saring untuk *oviposisi* nyamuk. *Ovitrap* yang telah diambil kemudian dipisahkan dengan kertas saring, dikeringkan pada suhu ruangan, dan dilakukan pengambilan telur. Telur yang diperoleh selanjutnya ditetaskan dan dilakukan identifikasi menggunakan kunci identifikasi Harbach (Harbach, 1985).

Larva yang telah terseleksi selanjutnya dipelihara hingga dewasa dan bertelur. Nyamuk dewasa dipelihara dalam kandang kaca berukuran 30x30x30 cm. Koloni dewasa diberikan larutan sukrosa 10% dan secara berkala diberi darah. Setelah tiga hari, *ovitrap* disimpan di dalam kandang dan telur dikumpulkan dan dipindahkan ke nampan enamel. Selanjutnya menetasakan telur-

telur dan memelihara hingga menjadi larva instar-III untuk digunakan sebagai subjek penelitian. Keseluruhan proses rearing nyamuk mengikuti Kauffman et al. (2017).

Uji Bio-larvisida

Sesuai dengan WHO (2005), uji *bioassay* menggunakan larva instar-III. Sebanyak 200 ml akuades dimasukkan ke dalam gelas kimia Pyrex 250 ml. Ekstrak (3 ml) dimasukkan ke dalam gelas, sesuai dengan rancangan perlakuan (Tabel 1). Dua puluh larva *Culex* sp. aktif dipaparkan pada setiap gelas kimia, sedangkan kontrol hanya diberi akuades (200 ml) tanpa penambahan ekstrak tanaman. Pengujian dilakukan dengan dua pengulangan untuk setiap perlakuan. Mortalitas larva diamati dan dihitung selama 24 jam (1 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam). Percobaan dilakukan pada kondisi laboratorium pada suhu 28 ± 2 °C dan kelembaban relatif 75 ± 5%.

Analisis statistik

Uji ANOVA Two-way digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan mortalitas larva berdasarkan ragam kombinasi tumbuhan, konsentrasi, dan waktu paparan, pada Confident Level 95%. Analisis data menggunakan perangkat lunak statistik *Statistical Program for Social Science (SPSS)* 24.0.

HASIL

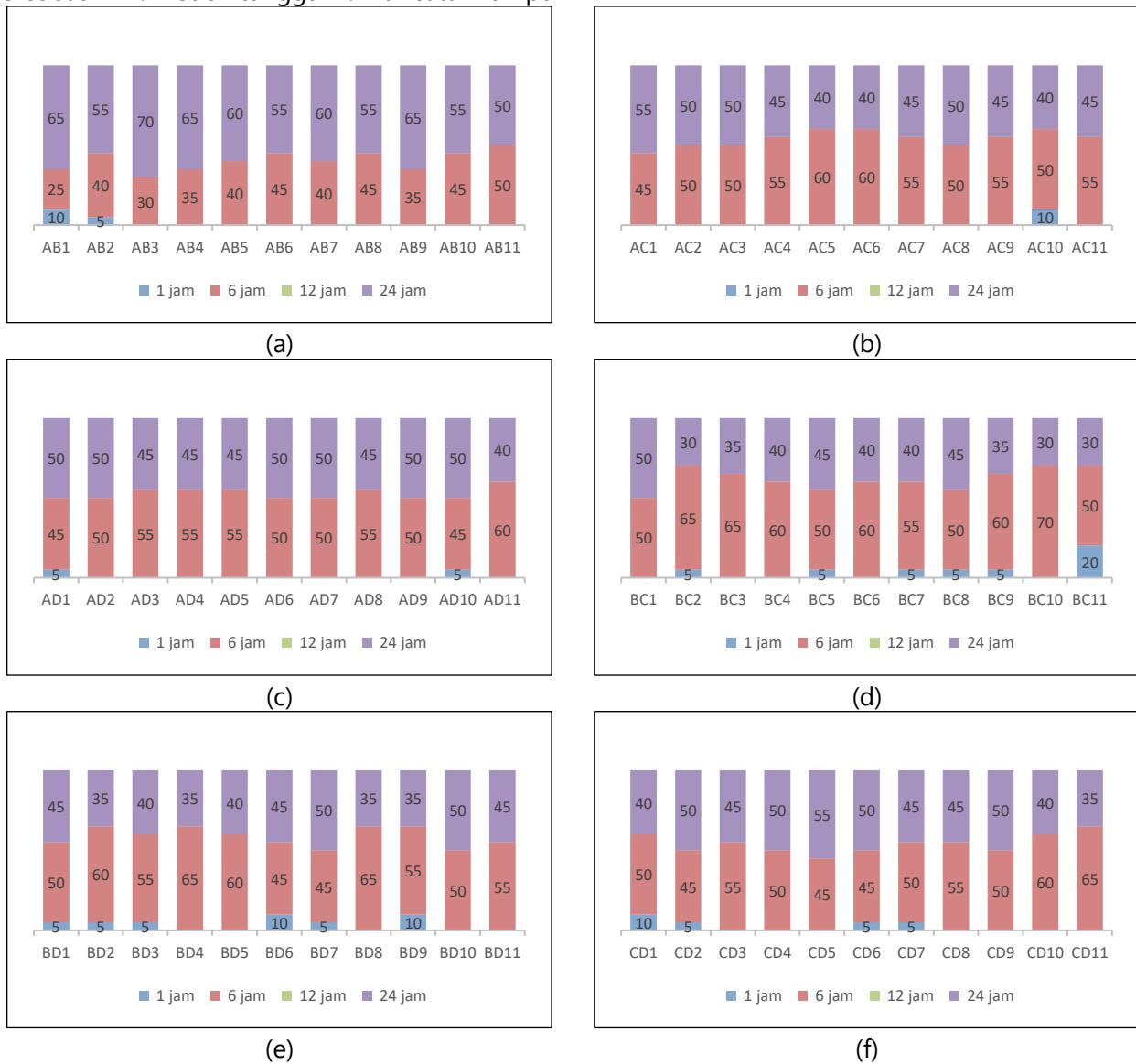
Hasil penelitian (Gambar 1) mendapatkan bahwa perlakuan dengan ekstrak tunggal (*A. muricata*, *P. guajava*, dan *A. bilimbi*) mampu memberikan efek mortalitas setelah satu jam paparan, yaitu AB-1, AD-1, BC-11, BD-1, CD-1. Sedangkan perlakuan dengan kombinasi

campuran pada AB-2, AC-10, AD-10, BC-2, BC-5, BC-7, BC-8, BC-9, BD-2, BD-3, BD-6, BD-7, BD-9, CD-2, CD-6, dan CD-7.

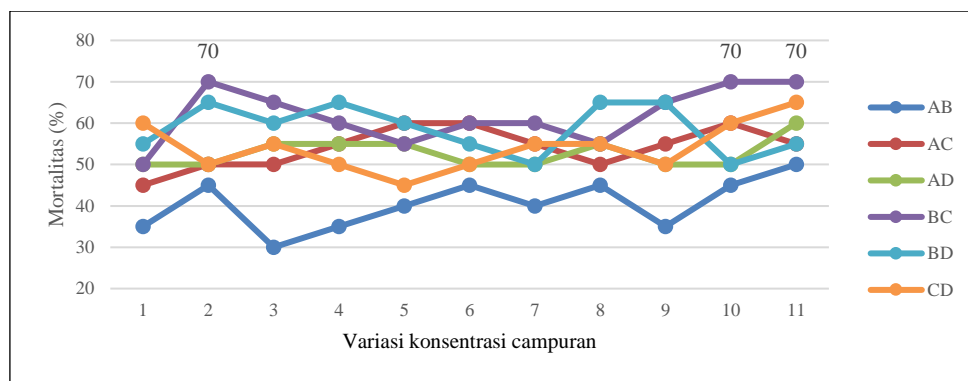
Setelah enam jam paparan, hampir seluruh variasi perlakuan (54 dari 66 perlakuan) memberikan efek 50% mortalitas larva. Ekstrak tunggal dengan efek mortalitas 50% adalah AB-11, AC-11, AD-1, AD-11, BC-1, BC-11, BD-1, BD-11, CD-1, dan CD-11. Sedangkan pada perlakuan kombinasi, efek mortalitas 50% pada 44 variasi perlakuan. Pada akhir pengamatan (24 jam setelah paparan), seluruh larva mengalami kematian (mortalitas = 100%) pada seluruh perlakuan.

Gambar 1.d memberikan temuan menarik dari percobaan ini. Ekstrak tunggal *A. muricata* mampu

memberikan efek mortalitas larva hingga 70%, enam jam setelah paparan. Efek mortalitas yang sama juga diperoleh pada kombinasi ekstrak *A. muricata* dan *P. guajava*, yaitu BC-2 dan BC-10. Sementara, kombinasi ekstrak lainnya hanya mampu memberikan efek mortalitas hingga 65% (Gambar 2). Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak *A. muricata* dengan *P. guajava* dapat digunakan secara tunggal atau berpasangan dengan perbandingan 1/9 (atau 9/1).



Gambar 1. Mortalitas larva *Culex* sp. berdasarkan jenis tanaman, konsentrasi campuran, dan waktu paparan. (a) AB= *C. roseus* dan *A. muricata*; (b) AC= *C. roseus* dan *P. guajava*; (c) AD= *C. roseus* dan *A. bilimbi*, (d) BC= *A. muricata* dan *P. guajava*; (e) BD= *A. muricata* dan *A. bilimbi*; dan (f) CD= *P. guajava* dan *A. bilimbi*.



Gambar 2. Mortalitas (%) larva *Culex* sp. enam jam setelah paparan.

Berdasarkan waktu, mortalitas larva diamati selama 24 jam paparan, dicatat dalam empat waktu, yaitu 1 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Pada pengamatan satu jam setelah paparan, diketahui bahwa mortalitas larva terdapat pada 21 jenis perlakuan. Mortalitas tertinggi pada perlakuan BC-11 (20%), yaitu campuran *A. muricata* (0%) dan *P. guajava* (100%). Diikuti mortalitas 10% pada perlakuan AB-1, AC-10, BD-6, BD-9, dan CD-1. Sedangkan sisanya memberikan efek mortalitas 5% pada AB-2, AD-1, AD-10, BC-2, BC-5, BC-7, BC-8, BC-9, BD-1, BD-2, BD-3, BD-7, CD-2, CD-6, dan CD-7. Dari hasil tersebut maka jenis tumbuhan yang paling cepat memberikan efek mortalitas terhadap larva *Culex* sp. secara berurutan adalah *A. muricata* (B), *P. guajava* (C), dan *A. bilimbi* (D).

Setelah enam jam paparan, mortalitas larva *Culex* sp. tertinggi (70%) pada perlakuan BC-2, BC-10, dan BC-11. Diikuti mortalitas 65% pada perlakuan BC-3, BC-9, BD-2, BD-4, BD-8, BD-9. Mortalitas 60% pada perlakuan AC-5, AC-6, AC-10, AD-11, BC-4, BC-6, BC-7, BD-3, BD-5, CD-1, CD-10. Sedangkan mortalitas terendah pada perlakuan AB-3, sebesar 30%. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak *A. muricata* (B) dan *P. guajava* (C) memberikan efek larvasida terbaik terhadap *Culex* sp.

Pada pengamatan 24 jam setelah paparan, seluruh larva mengalami kematian (mortalitas=100%) pada seluruh jenis perlakuan (variasi kombinasi jenis tanaman dan variasi konsentrasi campuran). Namun, berdasarkan hasil pengamatan secara bertahap (satu dan enam jam), dua jenis tumbuhan menunjukkan efek terbaik terhadap mortalitas larva *Culex* sp., yaitu *A. muricata* dan *P. guajava*.

Uji two-way ANOVA (Alpha 5%) diterapkan untuk menilai efek perlakuan terhadap mortalitas larva *Culex* sp. Hasil analisis (Tabel 2) tidak menunjukkan perbedaan mortalitas larva berdasarkan kombinasi tanaman ($P = 0,084$) dan konsentrasi campuran ($P = 0,858$). Sementara, perbedaan mortalitas larva *Culex* sp. secara signifikan terlihat berdasarkan waktu paparan ($P = 0,0001$). Waktu paparan menunjukkan hubungan positif dengan mortalitas larva; semakin lama paparan maka semakin tinggi mortalitas larva.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian telah membuktikan bahwa empat jenis tanaman yang digunakan (*C. roseus*, *A. muricata*, *P. guajava*, dan *A. bilimbi*) memiliki efek larvasida terhadap *Culex* sp. Seluruh larva mengalami kematian setelah terpapar ekstrak tanaman selama 24 jam, baik dengan ekstrak tunggal maupun berpasangan (Gambar 1). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa ekstrak *C. roseus* memberikan efek larvasida yang signifikan terhadap *Culex* sp., *Anopheles* sp., *Aedes* sp. (Ahyanti & Yushananta, 2022; Kamatchi et al., 2023; Pavunraj et al., 2017; Supenah, 2018). Demikian pula potensi larvasida dari ekstrak *A. muricata* (Ahyanti & Yushananta, 2022; Kewa et al., 2020; Kusnatin et al., 2012; Rodrigues et al., 2019, 2020; Santhosh et al., 2015; Widyastuti et al., 2019), ekstrak *P. guajava* (Kartini & Sofia, 2022; Ntumba et al., 2020; Rwang PG et al., 2016), dan *A. bilimbi* (Ahyanti et al., 2023; Rohmah et al., 2020).

Tabel 2. Mortalitas larva *Culex* sp. berdasarkan jenis tanaman, konsentrasi dan waktu paparan.

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|--------------------------------------|-------------------------|-----|-------------|----------|--------|
| Corrected Model | 157409,659 ^a | 113 | 1393,006 | 36,781 | 0,000 |
| Intercept | 156609,470 | 1 | 156609,470 | 4135,179 | 0,000 |
| Jenis tanaman | 375,758 | 5 | 75,152 | 1,984 | 0,084 |
| Konsentrasi campuran | 205,114 | 10 | 20,511 | ,542 | 0,858 |
| Waktu paparan | 146222,349 | 3 | 48740,783 | 1286,971 | 0,0001 |
| Jenis tanaman * Konsentrasi campuran | 922,159 | 50 | 18,443 | ,487 | 0,998 |
| Jenis tanaman * Waktu paparan | 8187,879 | 15 | 545,859 | 14,413 | 0,0001 |
| Konsentrasi * Waktu paparan | 1496,402 | 30 | 49,880 | 1,317 | 0,144 |
| Error | 5680,871 | 150 | 37,872 | | |
| Total | 319700,000 | 264 | | | |
| Corrected Total | 163090,530 | 263 | | | |

R Squared = 96,5% (Adjusted R Squared = 93,9%)

Dari empat tanaman yang diperiksa, tiga diantaranya menunjukkan efek mortalitas (5-20%) sejak satu jam setelah paparan, secara berurutan adalah *A. muricata*, *P. guajava*, dan *C. roseus*. Setelah enam jam paparan, dua jenis tanaman menunjukkan efek mortalitas hingga 70%, yaitu *A. muricata* dan *P. guajava*. Kedua jenis tanaman efektif sebagai ekstrak tunggal, maupun berpasangan (perbandingan = 1/9). Dari temuan ini maka ekstrak *A. muricata* dan *P. guajava* merupakan dua jenis tanaman yang sangat berpotensi sebagai larvasida, karena memiliki efektifitas yang tinggi dalam waktu cepat. Menurut WHO, larvasida dianggap efektif jika mampu membunuh larva hingga 90-95% larva uji, dalam waktu 72 jam (WHO, 2005).

Efektifitas larvasida dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif dalam tanaman. Hasil penelitian Ahyanti & Yushananta (2023a) melaporkan bahwa tiga tanaman tertinggi (dari 14 yang diperiksa) kandungan flavonoid dan saponin adalah *A. muricata* (0,47 dan 0,96), *C. roseus* (0,30 dan 0,77), serta *P. guajava* (0,24 dan 0,54). Senyawa bioaktif tanaman (flavonoid, saponin, dan tanin) berperan penting dalam pertahanan kimia tanaman terhadap mikroorganisme dan serangga berbahaya (Pavela et al., 2019). Flavonoid, saponin, dan tanin dapat memberikan efek kematian pada larva melalui pencernaan, pernafasan, dan sistem saraf (Chaieb, 2017; Govindarajan et al., 2016; Hidayati & Suprihatini, 2020; Pavela et al., 2019; Rohmah et al., 2020; Yushananta & Ahyanti, 2021).

Hasil analisis statistik (Tabel 2) tidak menunjukkan perbedaan mortalitas larva

berdasarkan variasi kombinasi tanaman ($P = 0,084$) dan variasi konsentrasi campuran ($P = 0,858$). Namun secara signifikan berbeda berdasarkan waktu paparan ($P = 0,0001$). Semakin lama paparan, maka semakin tinggi mortalitas larva *Culex* sp. Hasil penelitian ini berbeda dengan Ahyanti & Yushananta (2023b) terhadap larva *A. aegypti*, bahwa efek mortalitas larva terlihat sejak lima menit setelah paparan, dan adanya perbedaan mortalitas berdasarkan jenis tanaman, konsentrasi dan waktu, seperti yang dilaporkan oleh Ahyanti & Yushananta (2023b). Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa larva *A. aegypti* cenderung lebih rentan dibandingkan *Culex* sp. Menurut Markus et al. (2019), larva *Culex* sp. memerlukan konsentrasi lebih tinggi untuk mencapai LC₅₀ dibandingkan dengan larva *Aedes* sp.

Hubungan positif antara waktu paparan dengan mortalitas larva telah dilaporkan dari beberapa penelitian. Semakin lama paparan, maka semakin tinggi mortalitas larva (Ahyanti et al., 2023; Ahyanti & Yushananta, 2022, 2023b; Juariah & Irawan, 2017; Nasution & Ulina, 2022; Pratama & Yushananta, 2021; Putri & Yushananta, 2022). Semakin lama larva terpapar, maka semakin banyak senyawa racun (bioaktif) yang masuk ke dalam tubuh larva, sehingga menimbulkan kerusakan pada pencernaan, pernafasan, dan sistem saraf.

Tiga mekanisme kerusakan oleh senyawa bioaktif terhadap larva (Ahdiyah & Purwani, 2015; Ahmad & Adriyanto, 2019; Juariah & Irawan, 2017; Pavela et al., 2019), yaitu 1) senyawa bioaktif yang

masuk melalui siphon akan menimbulkan kelayuan pada saraf dan kerusakan pada siphon, sehingga larva tidak dapat bernapas; 2). senyawa bioaktif yang masuk ke dalam pencernaan akan menghambat metabolisme sel (menghambat transport elektron dalam mitokondria), sehingga pembentukan energi dari makanan sebagai sumber energi dalam sel tidak terjadi dan sel tidak dapat beraktivitas; 3) senyawa bioaktif dapat membentuk kompleks protein dan merusak membran sel dengan cara denaturasi ikatan protein pada membran sel, sehingga membran sel menjadi lisis.

Walaupun *A. muricata* dan *P. guajava* yang telah terbukti memiliki efektifitas larvasida yang menjanjikan, namun penggunaan konsentrasi yang tinggi masih menjadi kendala untuk aplikasi secara meluas. Untuk itu, rekayasa senyawa bioaktif untuk meningkatkan aktivitas larvasida sehingga dapat menurunkan konsentrasi menjadi saran penelitian. Beberapa keterbatasan juga diajukan pada penelitian ini, antara lain: variasi sumber tanaman, variasi sumber telur nyamuk, penelitian belum dilengkapi dengan uji toksisitas terhadap serangga non target, serta proses rearing hanya sampai F1, sehingga masih dimungkinkan adanya pengaruh lingkungan.

SIMPULAN

Penelitian telah membuktikan bahwa empat tanaman yang diperiksa berpotensi sebagai larvasida terhadap *Culex* sp.. Namun, dua jenis diantaranya menunjukkan efek larvasida terbaik, yaitu *A. muricata* dan *P. guajava*. Mortalitas larva mulai terlihat satu jam setelah paparan (5-20%), meningkat hingga 70% setelah enam jam paparan, dan mencapai 100% setelah 24 paparan. Penggunaan konsentrasi tinggi masih menjadi kendala untuk diaplikasikan secara meluas. Sehingga rekayasa senyawa bioaktif untuk menurunkan konsentrasi sekaligus meningkatkan aktivitas larvasida menjadi saran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Ahdiyah, I., & Purwani, I. I. (2015). Pengaruh Ekstrak Daun Mangkokan (*Nathopanax scutellarium*) Sebagai Larvasida Nyamuk *Culex* sp. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 33–36. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v4i2.10804>

- Ahmad, A., & Adriyanto, A. (2019). Efektivitas Serbuk Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Kematian Jentik (Larva) *Culex* sp. *Jurnal Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, 6(1), 104–112. <https://doi.org/10.36743/medikes.v6i1.186>
- Ahyanti, M., & Yushananta, P. (2022). Kombinasi Ekstrak Daun Tapak Dara (*Catharanthus roseus*) dan Daun Sirsak (*Annona muricata*) Sebagai Bio-Larvasida. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 16(3), 113. <https://doi.org/10.26630/rj.v16i3.3611>
- Ahyanti, M., & Yushananta, P. (2023a). Kandungan Saponin dan Flavonoid Pada Tanaman Pekarangan Serta Potensinya Sebagai Bioinsektisida Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.26630/rj.v17i1.3763>
- Ahyanti, M., & Yushananta, P. (2023b). Formulation, Dosage, and Exposure Time of Natural Substances in Controlling *Aedes aegypti* Larvae. *Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 17(3), 783–791. <https://doi.org/10.33860/jik.v17i3.3353>
- Ahyanti, M., Yushananta, P., & Usman, S. (2023). Potential of Some Plants as Bioinsecticides of the House Fly (*Musca domestica*). *The 1st UMSurabaya Multidisciplinary International Conference 2021 (MICon 2021)*, 1020–1026. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-022-0_113
- Amutha, V., Deepak, P., Kamaraj, C., Balasubramani, G., Aiswarya, D., Arul, D., Santhanam, P., Ballamurugan, A. M., & Perumal, P. (2019). Mosquito-Larvicidal Potential of Metal and Oxide nanoparticles Synthesized from Aqueous Extract of the Seagrass, *Cymodocea serrulata*. *Journal of Cluster Science*, 30(3), 797–812. <https://doi.org/10.1007/s10876-019-01542-7>
- Benelli, G., & Beier, J. C. (2017). Current vector control challenges in the fight against malaria. *Acta Tropica*, 174, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.06.028>
- Bilal, H., Sahar, S., & Din, S. (2017). Bio-Pesticides: New Tool for the Control of *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Culicidae: Diptera) in Pakistan. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 11(2), 278–285. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29062852>
- Chaieb, I. (2017). Saponins as Insecticides: A Review. *Journal of Plant. Protection*, 5(1), 39–50. <http://www.tjpp.tn/SiteWeb/PreviousIssues/TJPP5-1/4Ikbal.pdf>
- Duguma, D., Ortiz, S. L., Lin, Y., Wilson, P. C., & Walton, W. E. (2017). Effects of a larval mosquito biopesticide and *Culex* larvae on a freshwater

- nanophytoplankton (*Selenastrum capricornatum*) under axenic conditions. *Journal of Vector Ecology*, 42(1), 51–59.
<https://doi.org/10.1111/jvec.12239>
- Floore, T. G. (2006). Mosquito larval control practices: Past and present. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(3), 527–533. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)22\[527:MLCPPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)22[527:MLCPPA]2.0.CO;2)
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., & Benelli, G. (2016). Chemical composition, toxicity and non-target effects of *Pinus kesiya* essential oil: An eco-friendly and novel larvicide against malaria, dengue and lymphatic filariasis mosquito vectors. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 85–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.007>
- Harbach, R. E. (1985). Pictorial keys to the genera of mosquitoes, subgenera of *Culex* and the species of *Culex* (*Culex*) occurring in southwestern Asia and Egypt, with a note on the subgeneric placement of *Culex deserticola* (Diptera: Culicidae). *Mosquito Systematics*, 17(2), 83–107.
https://www.biodiversitylibrary.org/content/part/JAMCA/MS_V17_N2_P083-107.pdf
- Hidayati, L., & Suprihatini, S. (2020). Pengaruh Pemberian Ekstrak Biji Mahoni (*Swietenia mahagoni*) Terhadap Kematian Larva *Culex* sp. *ASPIRATOR - Journal of Vector-Borne Disease Studies*, 12(1), 45–52.
<https://doi.org/10.22435/asp.v12i1.2171>
- Juariah, S., & Irawan, M. P. (2017). Biolarvasida Ekstrak Etanol Kulit Nanas (*Ananans comosus* L. Merr) Terhadap Larva Nyamuk *Culex* sp. *Unnes Journal of Public Health*, 6(4), 232–236.
<https://doi.org/10.15294/ujph.v6i4.15842>
- Kamatchi, P. A. C., Maheswaran, R., Sivanandhan, S., Ignacimuthu, S., Balakrishna, K., Reegan, A. D., & Arivoli, S. (2023). Bioefficacy of ursolic acid and its derivatives isolated from *Catharanthus roseus* (L) G. Don leaf against *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus*, and *Anopheles stephensi* larvae. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(26), 69321–69329.
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-27253-1>
- Kamran, M., Shad, S. A., Binyameen, M., Abbas, N., Anees, M., Shah, R. M., & Hafez, A. M. (2022). Toxicities and Cross-Resistance of Imidacloprid, Acetamiprid, Emamectin Benzoate, Spirotetramat, and Indoxacarb in Field Populations of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Insects*, 13(9), 830.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects13>
- 090830
- Kartini, & Sofia. (2022). Effects of Guva Leaf Extract (*Psidium Guajava*) Against the Killness of *Aedes aegypti* Larvae. *Science Midwifery*, 20(2), 980–986.
- Kauffman, E., Payne, A., Franke, M., Schmid, M., Harris, E., & Kramer, L. (2017). Rearing of *Culex* spp. and *Aedes* spp. Mosquitoes. *Bio-Protocol*, 7(17). <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2542>
- Kewa, M. M., Almet, J., & Laut, M. M. (2020). Median Lethal Concentration (LC50) Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* Linn) Terhadap Larva *Culex* sp di Kota Kupang. *Jurnal Kajian Veteriner*, 8(2), 147–152. <https://doi.org/10.35508/jkv.v8i2.3078>
- Khan, H. A. A. (2022). An impact assessment of insecticides application on the non-targeted mosquito *Aedes albopictus* (Skuse) in Punjab rice fields, Pakistan. *PeerJ*, 10, e13697.
<https://doi.org/10.7717/peerj.13697>
- Kumar, D., Kumar, P., Singh, H., & Agrawal, V. (2020). Biocontrol of mosquito vectors through herbal-derived silver nanoparticles: prospects and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 25987–26024.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08444-6>
- Kusnatin, L., Soendjoto, M. A., Indrayatie, E. R., & Rohman, T. (2012). Konsentrasi dan Waktu Pendedahan Efektif Ekstrak Daun Sirsak (*Annona Muricata* L) Sebagai Larvasida Hayati Jentik *Aedes aegypti*. *EnviroScienteeae*, 8(3), 127–134.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/es.v8i3.2078>
- Markus, Y. E. D. P., S.M.J.Koamesah, & Trisno, I. (2019). Efektivitas Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Larva *Aedes aegypti* dan *Culex* sp. Instar III/IV. *Cendana Medical Journal*, 7(2), 223–229.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35508/cmj.v7i2.1793>
- Mittal, P. K., & Subbarao, S. K. (2003). Prospects of using herbal products in the control of mosquito vector. *ICMR Bulletin*, 33, 1–10.
https://main.icmr.nic.in/sites/default/files/icmr_bulletins/bujanaury03.pdf
- Nasution, A. N., & Ulina, Y. Y. (2022). Toxicity Test of The Crown of God Stemps (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.) Against *Culex* sp. Larvae. *Jambura Journal of Health Sciences and Research*, 4(2), 587–595.
<https://doi.org/10.35971/jjhs.v4i2.13943>
- Ntumba, A. A., Meva, F. E., Ekoko, W. E., Foko, L. P. K., Hondt, E. N., Schlüsener, C., Moll, B., Loe, G. E., Kedi, P. B. E., Fouda, J. Y. S., Janiak, C., &

- Lehman, L. G. (2020). Biogenic Synthesis of Silver Nanoparticles Using Guava (*Psidium guajava*) Leaf Extract and Its Larvicidal Action against *Anopheles gambiae*. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 11(01), 49–66. <https://doi.org/10.4236/jbnb.2020.111004>
- Pavela, R., Maggi, F., Iannarelli, R., & Benelli, G. (2019). Plant extracts for developing mosquito larvicides: From laboratory to the field, with insights on the modes of action. *Acta Tropica*, 193, 236–271. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.01.019>
- Pavunraj, M., Veluchamy, R., Shanmugavel, S., Velayutham, V., & Sundaram, J. (2017). Larvicidal and Enzyme Inhibitory Effects of *Acalypha fruticosa* (F.) and *Catharanthus roseus* L (G) Don. Leaf Extracts Against *Culex Quinquefasciatus* (Say.) (Diptera: Culicidae). *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(3), 213. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i3.16029>
- Pratama, S. D., & Yushananta, P. (2021). Efektivitas Ekstrak Kulit Batang Maja (*Aegle marmelos* L.) Terhadap Kematian Larva Nyamuk *Anopheles* sp. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 67. <https://doi.org/10.26630/rj.v15i2.2813>
- Putri, I. N. A., & Yushananta, P. (2022). Efektivitas Ekstrak Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius*) Sebagai Biolarvasida Terhadap Larva *Culex* sp. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(3), 109. <https://doi.org/10.26630/rj.v15i3.3067>
- Rodrigues, A., Martins, V. E., & Morais, S. (2020). Larvicidal efficacy of plant extracts and isolated compounds from Annonaceae and Piperaceae against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 13(9), 384. <https://doi.org/10.4103/1995-7645.290583>
- Rodrigues, Silva, Pinto, Lima dos Santos, Carneiro de Freitas, Martins, & Maia de Morais. (2019). Larvicidal and Enzymatic Inhibition Effects of *Annona muricata* Seed Extract and Main Constituent Annonacin against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Pharmaceuticals*, 12(3), 112. <https://doi.org/10.3390/ph12030112>
- Rohmah, E. A., Subekti, S., & Rudyanto, M. (2020). Larvicidal Activity and Histopathological Effect of *Averrhoa bilimbi* Fruit Extract on *Aedes aegypti* from Surabaya, Indonesia. *Journal of Parasitology Research*, 2020, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2020/8866373>
- Rwang PG, Effoim, O., Mercy, K., & Etokakpan, A. (2016). Effects of *Psidium guajava* (Guava) Extracts on Immature Stage of Mosquito. *International Journal of Complementary & Alternative Medicine*, 4(5). <https://doi.org/10.15406/ijcam.2016.04.00132>
- Santhosh, S. B., Yuvarajan, R., & Natarajan, D. (2015). *Annona muricata* leaf extract-mediated silver nanoparticles synthesis and its larvicidal potential against dengue, malaria and filariasis vector. *Parasitology Research*, 114(8), 3087–3096. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4511-2>
- Schlechtriem, C., Fliedner, A., & Schäfers, C. (2012). Determination of lipid content in fish samples from bioaccumulation studies: contributions to the revision of guideline OECD 305. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-13>
- Senthil-Nathan, S. (2020). A Review of Resistance Mechanisms of Synthetic Insecticides and Botanicals, Phytochemicals, and Essential Oils as Alternative Larvicidal Agents Against Mosquitoes. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01591>
- Silalahi, C. N., Tu, W.-C., Chang, N.-T., Singham, G. V., Ahmad, I., & Neoh, K.-B. (2022). Insecticide Resistance Profiles and Synergism of Field *Aedes aegypti* from Indonesia. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(6), e0010501. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010501>
- Smith, L. B., Kasai, S., & Scott, J. G. (2016). Pyrethroid resistance in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Important mosquito vectors of human diseases. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.03.005>
- Supenah, P. (2018). Uji Efektivitas Sari Daun Tapak Dara (*Catharanthus roseus*) Sebagai Larvasida Alami Nyamuk *Aedes aegypti* Instar III. *JAKA: Jurnal Analisis Kesehatan*, 1(1). <https://ejournal.aakannasher.ac.id/index.php/aak/article/view/4>
- WHO. (2005). Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. In *World Health Organization*. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP. http://whqlibdoc.who.int/hq/2005/WHO_CDS_WHOPE_GCDPP_2005.13.pdf?ua=1
- WHO. (2020). *Vector-borne diseases*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- WHO. (2023). *Lymphatic filariasis*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lymphatic-filariasis>
- Widyastuti, D. A., Rahayu, P., & Dewi, L. R. (2019). Potensi Ekstrak Sirsak (*Annona muricata*) sebagai Larvasida Pengendali Populasi *Aedes*

albopictus. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 5(1), 48–54.

<https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v5i1.7991>

Yushananta, P. (2021). Dengue Hemorrhagic Fever and Its Correlation with The Weather Factor In Bandar Lampung City: Study From 2009-2018. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 6(1), 117–126. <https://doi.org/10.30604/jika.v6i1.452>

Yushananta, P., & Ahyanti, M. (2021). The Effectiveness of Betle Leaf (*Piper betle* L.) Extract as a Bio- pesticide for Controlled of Houseflies (*Musca domestica* L.). *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E), 895–900. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6886>