

BIOAKTIFITAS EKSTRAK *Gracilaria* sp. TERHADAP LARVA *Anopheles* sp.

**Setyaningrum E^{1*}, Septiani L², Wibowo H³, Fahda N.M⁴, Suryaningkunti J.A⁵
dan Cahyadi F⁶**

^{1,4,5,6}Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung

²Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

³Departemen Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia

^{*}Email Korespondensi: endah.setianingrum@fmipa.unila.ac.id

Abstract: Bioactivity of *Gracilaria* sp. Extract Against *Anopheles* sp. Larvae.

Malaria is a disease caused by the Plasmodium parasite and transmitted through the bite of the Anopheles sp. mosquito. The continuous use of synthetic insecticides has a negative impact on the environment and causes vector resistance, so safer alternative botanical larvicides are needed. However, studies on the histopathological effects of Gracilaria sp. on Anopheles larvae are still limited. This study aims to determine differences in mortality rates, determine LC₅₀ values, and describe morphological and histopathological changes in third-instar Anopheles sp. larvae after exposure to methanol extract of Gracilaria sp. This study is an experimental study using a Completely Randomized Design (CRD) with treatment concentrations of methanol extract of Gracilaria sp (0.5%; 0.75%; 1%; 1.2%; and aquadest control) and five replications each. Mortality data were analyzed using Probit to determine LC₅₀ and to determine differences in larval mortality between treatments, the data were tested using Analysis of Variance (ANOVA) and further Tukey Honestly Significant Difference (HSD) tests. The results showed that the LC₅₀ value of the methanol extract was 0.81%. The highest mortality was obtained at a concentration of 1.2%, which was 94.4%. Histopathological observations showed intestinal epithelial disorganization, cell degeneration, and changes in the lumen of the larval midgut. These findings confirm that Gracilaria sp. extract is not only effective as a larvicide, but also provides scientific evidence of the mechanism of larval tissue damage, thus strengthening its potential as an environmentally friendly biolarvicide.

Keywords: *Gracilaria* sp., *Anopheles* sp., botanical larvicide, histopathology

Abstrak: Bioaktivitas Ekstrak *Gracilaria* sp. Terhadap Larva *Anopheles* sp.

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit Plasmodium dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* sp. Penggunaan insektisida sintesis secara terus-menerus berdampak negatif terhadap lingkungan dan menimbulkan resistensi vektor, sehingga diperlukan alternatif larvasida nabati yang lebih aman. Namun studi mengenai efek histopatologi *Gracilaria* sp. terhadap larva *Anopheles* masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan tingkat mortalitas, menentukan nilai LC₅₀, serta mendeskripsikan perubahan morfologi dan histopatologi larva *Anopheles* sp. instar III setelah paparan ekstrak metanol *Gracilaria* sp. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi ekstrak metanol *Gracilaria* sp. (0,5%; 0,75%; 1%; 1,2%; serta kontrol akuades) dan masing-masing lima ulangan. Data mortalitas dianalisis menggunakan Probit untuk menentukan LC₅₀ serta untuk mengetahui perbedaan mortalitas larva antar perlakuan, data diuji menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji lanjut *Tukey Honestly Significant Difference* (HSD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai LC₅₀ ekstrak metanol sebesar 0,81%. Mortalitas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 1,2%, yaitu sebesar 94,4%. Pengamatan histopatologi menunjukkan terjadinya disorganisasi epitel usus, degenerasi sel, serta perubahan lumen pada usus tengah larva. Temuan ini

menegaskan bahwa ekstrak *Gracilaria* sp. tidak hanya efektif sebagai larvasida, namun juga memberikan bukti ilmiah mekanisme mengenai kerusakan jaringan larva, sehingga memperkuat potensinya sebagai biolarvasida yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Gracilaria* sp., *Anopheles* sp., larvasida nabati, histopatologi.

PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit parasitik yang disebabkan oleh protozoa genus *Plasmodium* dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Pada manusia, malaria dapat disebabkan oleh lima spesies *Plasmodium*, yaitu *P. vivax*, *P. malariae*, *P. falciparum*, *P. ovale* dan *P. knowlesi* (Ncezd, 2024). Infeksi ini menyerang sel darah merah dan dapat menimbulkan anemia dengan tingkat keparahan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis *Plasmodium*, kondisi inang, dan riwayat pengobatan (Avichena dan Anggriyani, 2023). Secara global, malaria masih menjadi masalah kesehatan utama di wilayah tropis. Data menunjukkan bahwa penyakit ini tetap menyebabkan ratusan ribu kematian setiap tahun (WHO, 2024). Di Indonesia, kasus malaria meningkat dari 418.546 pada tahun 2023 menjadi 543.965 pada tahun 2024 (Kementerian Kesehatan RI, 2025), menunjukkan bahwa pengendalian malaria masih menjadi tantangan serius.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengatasi atau mengontrol perkembangan larva nyamuk seperti penggunaan larvasida dari golongan temephos (Pradani dan Permadi, 2021). Penggunaan larvasida sintesis secara terus menerus dapat menimbulkan hewan (vektor sasaran) resisten dan toleran terhadap pestisida (Sinaga *et al.*, 2016). Selain itu, penggunaan larvasida yang berkelanjutan mampu menyebabkan pencemaran lingkungan dan keracunan apabila terlelan oleh manusia (Nurhaifah dan Sukes, 2015). Untuk mengurangi dampak negative tersebut, perlu dilakukan upaya dalam mengontrol larva nyamuk dengan menggunakan biolarvasida.

Biolarvasida merupakan larvasida alami yang menggunakan tumbuh-tumbuhan sebagai bahan utama sehingga relatif aman bagi manusia dan

lingkungan (Khunafa *et al.*, 2020). Dalam biolarvasida terdapat beberapa kandungan seperti saponin, tanin dan alkaloid (Pujiarti *et al.*, 2020). Senyawa saponin berperan sebagai racun perut sehingga mampu menurunkan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan pada larva (Utami *et al.*, 2016), kandungan tanin pada tumbuhan mampu merusak sistem tubuh larva dengan menurunkan nafsu makan larva sehingga pertumbuhan larva akan terganggu (Arimaswati *et al.*, 2017). Seperti halnya senyawa saponin dan tanin, senyawa alkaloid juga memiliki sifat *stomach poisoning* atau racun perut yang mampu mengakibatkan terganggunya sistem pencernaan sehingga terjadinya ketidaknormalan pada pertumbuhan larva nyamuk (Iskandar *et al.*, 2017). Efek morfologi yang terjadi akibat senyawa aktif pada larva yakni tubuh larva menjadi lebih transparan, serta melemahnya respon larva saat dirangsang oleh sentuhan (Utami *et al.*, 2023).

Salah satu sumber bahan alami yang berpotensi sebagai larvasida adalah *Gracilaria* sp. Rumput laut ini diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, terpenoid, saponin, dan tanin (Bhernama, 2020; Hidayati *et al.*, 2023; Yuanddaru dkk., 2025). Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas biologi yang berpotensi mengganggu perkembangan larva nyamuk dan menyebabkan kematian. Dengan potensi tersebut, maka *Gracilaria* sp. Dapat dijadikan sebagai kandidat biolarvasida yang dapat digunakan dalam pengendalian vektor malaria yang lebih ramah lingkungan.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji potensi biolarvasida dari tumbuhan dan alga, kajian mengenai efek histopatologi ekstrak *Gracilaria* sp. terhadap larva *Anopheles* sp. masih terbatas, khususnya yang mengaitkan

hubungan dosis dengan tingkat kerusakan jaringan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan terkait mekanisme kerja biolarvasida berbasis ekstrak *Gracilaria* sp. pada tingkat jaringan. Penelitian ini memiliki kebaruan dengan mengintegrasikan analisis mortalitas, pengamatan morfologi dan histopatologi larva secara komprehensif dalam satu rangkaian studi eksperimental. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan tingkat mortalitas larva *Anopheles* sp. instar III setelah paparan ekstrak metanol *Gracilaria* sp., menentukan nilai LC_{50} sebagai indikator toksisitas, serta mendeskripsikan perubahan morfologi dan histopatologi larva sebagai dasar dalam memahami mekanisme kerja ekstrak sebagai biolarvasida.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan tingkat mortalitas, menentukan nilai LC_{50} , serta mendeskripsikan perubahan morfologi dan histopatologi larva *Anopheles* sp. setelah paparan ekstrak. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi F. MIPA Universitas Lampung.

Subjek penelitian yang digunakan adalah larva *Anopheles* sp. instar III. Larva dibagi ke dalam 5 (Lima)

HASIL

Hasil pengujian selama 24 jam menunjukkan bahwa baik ekstrak metanol *Gracilaria* sp. memiliki aktivitas larvasida yang signifikan terhadap larva *Anopheles* sp. instar III. dan diukur melalui pengamatan jumlah kematian larva setelah masa paparan 24 jam. Data

perlakuan dengan konsentrasi ekstrak metanol *Gracilaria* sp. yang berbeda, yaitu 0,5%; 0,75%; 1%; dan 1,2%, serta kelompok kontrol menggunakan akuades. Penentuan konsentrasi perlakuan berdasarkan pada metode (Marcellia dkk., 2024). Setiap perlakuan dilakukan dengan lima kali ulangan, dan setiap unit perlakuan berisi 25 ekor larva *Anopheles* sp. instar III dalam volume larutan uji 100 mL.

Pengamatan mortalitas dilakukan setelah 24 jam perlakuan sesuai acuan WHO, dimana larva dinyatakan mati apabila tidak menunjukkan pergerakan yang sama sekali, baik secara spontan maupun setelah diberikan rangsangan dengan disentuh dengan pipet sesuai standar WHO, serta tidak menunjukkan respon terhadap rangsangan tersebut (WHO, 2005). Perubahan histopatologi jaringan internal, khususnya usus tengah (*midgut*), dianalisis melalui pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan *Hematoxylin-Eosin* (HE). Kerusakan jaringan dinilai berdasarkan integritas sel epitel, disorganisasi jaringan, dan kondisi lumen usus. Data mortalitas untuk mengetahui efektifitas ekstrak *Gracilaria* sp. dianalisis menggunakan Probit untuk menghitung nilai LC_{50} . Perbedaan mortalitas antar perlakuan diuji menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Tukey Honestly Significant Difference* (HSD) pada taraf kepercayaan 5% ($\alpha=0,05$)

mortalitas yang diperoleh kemudian dianalisis dengan ANOVA kemudian dilanjutkan ke Uji HSD. Hasil analisis HSD didapatkan nilai rata-rata persentase mortalitas setiap perlakuan setelah paparan ekstrak metanol disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Mortalitas Larva *Anopheles* sp. Instar III Setelah Paparan Ekstrak Metanol *Gracilaria* sp.

Konsentrasi (%)	Ekstrak Metanol <i>Gracilaria</i> sp. (Persentase Mean \pm SD)
Kontrol	0,8% \pm 0,44 ^a
0,5	34,4% \pm 1,14 ^b
0,75	60,8% \pm 1,3 ^c
1	78,4% \pm 1,14 ^d
1,2	94,4% \pm 1,14 ^e

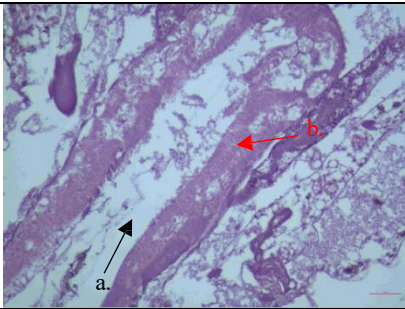
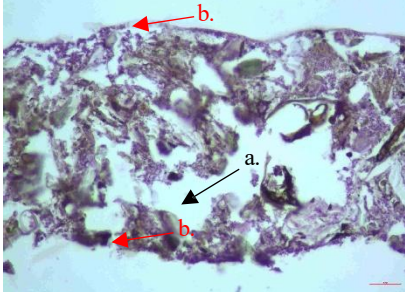
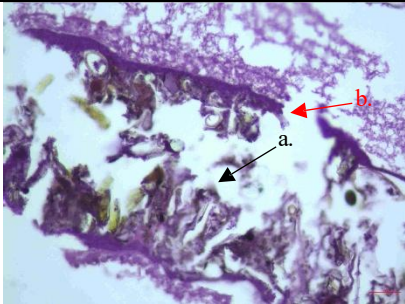
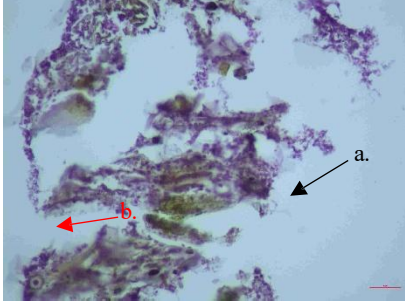
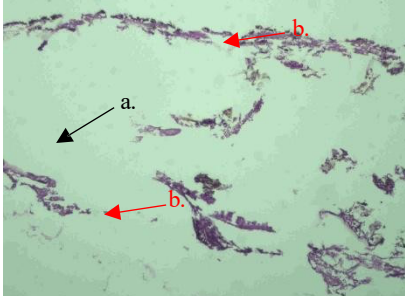
Keterangan: Nilai yang diikuti huruf berbeda (a, b, c, d, e) menunjukkan perbedaan nyata mortalitas larva *Anopheles* sp berdasarkan uji *Tukey's Honestly Significant Difference* (HSD)

Berdasarkan persentase mortalitas larva *Anopheles* sp. instar III menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi. Ekstrak metanol menunjukkan persentase peningkatan mortalitas yang signifikan seiring kenaikan konsentrasi, dengan efek maksimal pada 1,2%. Hasil uji statistik *Tukey's HSD* menunjukkan bahwa setiap konsentrasi memiliki perbedaan yang nyata ($p < 0,05$), yang ditandai dengan perbedaan huruf (a-e) pada masing-masing perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh signifikan terhadap mortalitas larva.

Selain menyebabkan kematian pada larva *Anopheles* sp. yang

ditunjukkan pada data mortalitas sebelumnya, paparan ekstrak *Gracilaria* sp. juga menimbulkan kerusakan signifikan pada struktur jaringan internal larva. Parameter histopatologi yang diamati meliputi integritas dan susunan sel epitel usus tengah, tingkat keteraturan jaringan, serta kondisi lumen usus sebagai indikator adanya kerusakan jaringan. Perubahan pada parameter tersebut digunakan untuk menilai tingkat keparahan efek toksik ekstrak terhadap larva. Pengamatan mikroskopis dilakukan untuk melihat integritas sel epitel dan kondisi lumen usus tengah (*midgut*). Data mengenai derajat kerusakan histopatologi usus tengah larva setelah paparan berbagai konsentrasi ekstrak metanol pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan Histopatologi Usus Tengah Larva *Anopheles* sp. Instar III Setelah Paparan Ekstrak Metanol *Gracilaria* sp.

Perlakuan	Perbesaran 400 (40x10)	Keterangan
Kontrol		<ol style="list-style-type: none">Lumen jelas, terbuka, dan teratur.Epitel rapi, utuh, dan normal tanpa kerusakan.
0,5%		<ol style="list-style-type: none">Lumen sedikit melebar dan tidak teratur.Epitel relatif utuh dengan disorganisasi ringan.
0,75%		<ol style="list-style-type: none">Lumen melebar dan tidak beraturan.Epitel terdisorganisasi dengan sebagian sel rusak dan batas sel kabur.
1%		<ol style="list-style-type: none">Lumen tidak teratur dan sebagian tidak jelas.Epitel mengalami degenerasi dengan struktur yang tidak tersusun.
1,2%		<ol style="list-style-type: none">Lumen hampir tidak dikenali.Epitel mengalami disintegrasi dan jaringan hancur.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol *Gracilaria* sp. memiliki aktivitas larvasida terhadap larva *Anopheles* sp. instar III, dengan mortalitas meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi. Pola ini menunjukkan adanya hubungan dosis-respons yang umum terjadi pada senyawa bioaktif terhadap organisme target.

Temuan ini sejalan dengan penelitian pada ekstrak *Schinus terebinthifolius* yang juga menunjukkan peningkatan mortalitas larva seiring dengan peningkatan konsentrasi serta nilai LC_{50} yang relatif rendah, menandakan efektivitas tinggi sebagai larvasida (Procopio *et al.*, 2015).

Ekstrak metanol menunjukkan efektivitas tinggi. Hal ini diduga karena pelarut metanol mampu mengekstraksi senyawa bioaktif yang lebih polar atau menarik komponen aktif seperti flavonoid, fenol, dan saponin yang diketahui memiliki aktivitas insektisida. Senyawa-senyawa tersebut dapat bekerja dengan merusak sistem pencernaan, sistem saraf, maupun integumen larva sehingga menyebabkan kematian (Shalan *et al.*, 2005).

Peningkatan mortalitas pada konsentrasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa semakin banyak senyawa aktif yang terakumulasi dalam tubuh larva, sehingga mempercepat terjadinya kerusakan fisiologis. Mekanisme kerja senyawa bioaktif dari alga laut seperti *Gracilaria* sp. dilaporkan dapat mengganggu permeabilitas membran sel, menghambat respirasi sel, serta merusak struktur kutikula larva (Manilal *et al.*, 2009). Selain itu, senyawa bioaktif juga dapat menghambat enzim penting seperti asetilkolinesterase dan enzim detoksifikasi lainnya, sehingga mengganggu transmisi impuls saraf dan proses detoksifikasi pada larva yang berakhir pada kematian (Vadakkan *et al.*, 2024).

Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan nyata antar konsentrasi, yang menandakan bahwa peningkatan dosis ekstrak memberikan

pengaruh signifikan terhadap mortalitas larva. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa ekstrak tumbuhan dan alga laut memiliki potensi sebagai larvasida alami terhadap vektor penyakit, termasuk *Anopheles* sp. (Govindarajan *et al.*, 2016).

Analisis histopatologi usus tengah (*midgut*) larva *Anopheles* sp. instar III melalui pewarnaan *Hematoxylin-Eosin* (HE) mengonfirmasi adanya pengaruh peningkatan konsentrasi ekstrak *Gracilaria* sp. terhadap tingkat kerusakan jaringan. Pada kelompok kontrol, sel epitel usus tampak utuh, tersusun rapi, dan memiliki lumen yang jelas, mencerminkan kondisi fisiologis normal (Mehamadi dan Khalaf, 2010). Namun, paparan ekstrak metanol memicu kerusakan struktural yang bersifat *dose-dependent*. Kerusakan dimulai dari disorganisasi ringan sel epitel dan penyempitan lumen pada konsentrasi rendah (0,5%), yang kemudian berkembang menjadi kerusakan sedang (0,75%) ditandai dengan ketidakteraturan sel.

Pada konsentrasi tinggi (1% hingga 1,25%), terjadi kerusakan jaringan sangat berat berupa destruksi total epitel usus hingga lumen tidak lagi dapat diidentifikasi. Kondisi ini mengindikasikan terjadinya vakuolisasi dan indikasi nekrosis yang menyebabkan kegagalan fungsi pencernaan serta absorpsi nutrisi (Mehamadi dan Khalaf, 2010). Selain itu, kerusakan ini sesuai dengan penelitian Nathan. (2020) bahwa senyawa fitokimia epitel menargetkan usus tengah larva, menyebabkan kerusakan sel, gangguan enzim pencernaan, serta disfungsi metabolisme yang berakhir pada kematian larva. Temuan ini menegaskan bahwa mekanisme toksisitas *Gracilaria* sp. bekerja sebagai racun perut melalui kerusakan struktural dan fungsional organ pencernaan. Adanya jaringan usus yang hancur memicu ketidakseimbangan fisiologis permanen, dan secara langsung berkontribusi pada tingginya angka mortalitas larva sebagaimana yang dilaporkan dalam uji biovariasi (Baranitharan *et al.*, 2011). Selain itu,

penelitian lain melaporkan bahwa berbagai larvasida berbasis tumbuhan dapat menyebabkan kerusakan usus tengah seperti gangguan mikrovili, hipertrofi sel, dan gangguan osmoregulasi yang secara langsung menghambat pertumbuhan dan perkembangan larva nyamuk (Kelly *et al.*, 2022).

Dengan demikian, ekstrak metanol *Gracilaria* sp. berpotensi sebagai biolarvasida, dan dapat dikembangkan sebagai biolarvasida *Anopheles* sp. yang ramah lingkungan. Namun penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain belum uji terhadap organisme non-target, serta belum diuji pada kondisi lapangan, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan pemanfaatannya sebagai biolarvasida aplikatif.

KESIMPULAN

Ekstrak metanol *Gracilaria* sp. memiliki aktivitas sebagai biolarvasida yaitu pada konsentrasi 1,2%, mampu membunuh larva sebesar 94,4%. dan efektif membunuh larva *Anopheles* sp. instar III (LC₅₀ sebesar 0,81%). Hasil Pengamatan histopatologi menunjukkan terjadinya disorganisasi epitel usus, degenerasi sel, serta perubahan lumen pada usus tengah larva, sehingga mengindikasikan ekstrak methanol *Gracilaria* sp. sebagai racun perut yang merusak sistem pencernaan. Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak *Gracilaria* sp. berpotensi dikembangkan sebagai biolarvasida ramah lingkungan dalam pengendalian vektor malaria. Namun diperlukan penelitian lanjutan terkait isolasi dan identifikasi senyawa aktif, uji toksisitas terhadap organisme non-target, serta uji efektivitas pada skala lapangan untuk memastikan keamanan secara luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada HETI (*Higher Education for Technology and Innovation*) Project Universitas Lampung atas dukungan pendanaan yang diberikan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, U. F. (2013). *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Al-Mehmadi, R., & Al-Khalaf, A. (2010). Efek larvasida dan histologis ekstrak *Melia azedarach* pada larva *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Jurnal Universitas King Saud -Sains*. 22(2): 77-85.
- Arimaswati., La Ode M Sawaluddin., dan Hittah Wahi Sudrajat. (2017). Efek Larvasida Ekstrak Biji Buah Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Larva Instar III *Aedes aegypti* L. *Medula* 4(2): 332– 43.
- Avichena, dan Anggriyani, R. (2023). Analisis Penyakit Malaria Akibat Infeksi *Plasmodium* sp terhadap Darah Manusia. Ekotonia: *Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*. 8(1): 30-37.
- Baranitharan., Tamizhazhagan., and Kovendan, K. (2019). Entomology and Applied Science Letters Eco-Friendly Larvicide, Repellent against Medically Important Mosquito Vectors. *Entomology Application Science Lett*. 6(3):33-41.
- Bhernama, B. G. (2020). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Rumpun Laut *Gracilaria* sp. Asal Desa Neusu Kabupaten Aceh Besar. 2(1): 1-5.
- Glunt, K. D., Abílio, A. P., Bassat, Q., Buló, H., Gilbert, A. E., Huijben, S., Manaca, M. N., Macete, E., Alonso, P., and Paaijmans, K. P. (2015). Long-Lasting Insecticidal Nets No Longer Effectively Kill the Highly Resistant *Anopheles Funestus* of Southern Mozambique. *Malaria Journal*. 14(298): 1-7.
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., dan Benelli, G. (2016). Komposisi kimia, toksisitas dan efek non-target minyak esensial Pinus kesiya: Larvasida ramah lingkungan dan baru terhadap vektor nyamuk malaria, demam berdarah, dan filariasis limfatik. *Ekotoksikologi dan Keamanan Lingkungan*. 129:85-90. <https://doi.org/10.1016/j.eecoenv.2016.03.007>

- Hidayati, J. R., Karlina, I., Ningsih, D. P. N., Wijaya, A., and Bahry, M. S. (2023). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Tropical Red Algae *Gracilaria* Sp. from Bintan Island, Indonesia. In 2nd Maritime Continental Fulcrum International Conference. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1148. 012004:1-8.
- Iskandar., Iwan., Hevi Horiza., dan Nanang Fauzi. (2017). Efektivitas Bubuk Biji Pepaya (*Carica Papaya* Linnaeus) sebagai Larvasida Alami Terhadap Kematian Larva *Aedes Aegypti* Tahun 2015. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 18. 1:12-18. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/12>
- Kelly, P. H., Yingling, A. V., Ahmed, A., Hurwitz, I., and Ramalho-Ortigao, M. (2022). Characterization of the mechanisms of action and mosquito larva midgut response to a yeast encapsulated orange oil larvicide. *Parasites and Vektor*. 15(183). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1335850/v1>
- Kemendes RI. (2025). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2024*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Khunafa., Alifatun., Ngadino., Hadi Suryono., dan Aries Prasetyo. (2020). Perbedaan Toksisitas Larutan Buah Pare (*Momordica charantia* Linnaeus) dan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* Linnaeus) Sebagai Biolarvasida *Culex* Sp. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal of Health Research Forikes Voice)* 11:60. <https://doi.org/10.33846/sf11nk211>
- Manilal, A., Sujith, S., Kiran, G. S., Selvin, J., Shakir, C., Gandhimathi, R., dan Panikkar, M. V. (2009). Biopotensi rumput laut yang dikumpulkan dari pantai barat daya India. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan*. 17(1). <https://doi.org/10.51400/2709-6998.1979>
- Marcellia, S., Ramdini, D. A., Setiawan, G., Septiani, L., Setyaningrum, E., Rosa, E., and Annasya, B. S. (2024). Uji Efektivitas Biolarvasida pada Minyak Atsiri Daun Tembelekan (*Lantana camara*) terhadap Larva *Anopheles* sp. sebagai Upaya Pengendalian Vektor Malaria. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 11(12): 2444-2453.
- Nathan, S. S. (2020). Tinjauan mekanisme resistensi insektisida sintetis dan bahan botani, fitokimia, dan minyak esensial sebagai agen larvasida alternatif terhadap nyamuk. *Frontiers in Physiology*.10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01591>
- National center for emerging and zoonotic infectious diseases (NCEZID). (2024) *National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID)*. <https://share.google/jg ganstVmLEpJ0K4u>
- Nurhaifah., Dita., dan Tri Wahyuni Sukesi. (2015). Effectivity of Sweet Orange Peel Juice as a Larvasides of *Aedes aegypti* Mosquito. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 9 (3): 207-13.
- Pradan.i, Firda Yanuar., dan I Gede Wempi Dody Surya Permadi. (2021). Lethal Time Biolarva Pada Larva *Aedes aegypti*. *Gema Kesehatan* 13(2):97-102. <https://doi.org/10.47539/gk.v13i2.174>
- Procopio, T. F., Fernandes, K. M., Pontual, E. V., Ximenes, R. M., De Oliveira, A. R., Souza, C. D., Melo, A. M., Navarro, D. M., Paiva, P. M., Martins, G. F., and Napoleao, T. H. (2015). *Schinus terebinthifolius* leaf extract causes Midgut damage, interfering with survival and development of *Aedes aegypti* larvae. *PLOS ONE*.10(5). e0126612. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126612>
- Pujiart.i, Rini., Sri Suryani., Sigit Sunarta., Ganis Lukmandaru., dan

- Brandon Aristo Verick
Environmental Occupational Health
and Safety Pages : 42-52 ISSN :
2745-3863 Website :
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/EOHSJ>
Environmental
Occupational Health and Safety
Journal • Vol.5 No.1 • Juli 2024 |
52
- Shalan, E. A., Canyon, D., Younes, M. W., Abdel-Wahab, H., and Mansour, A. (2005). Tinjauan fitokimia botani dengan potensi pembunuh nyamuk. *Environment Internasional*. 31(8): 1149-1166. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.003>.
- Silva, A. P. B., Santos, J. M. M., and Martins, A. J. (2014). Mutations in the Voltage-Gated Sodium Channel Gene of *Anopheles* and Their Association with Resistance to Pyrethroids. *A Review Parasites & Vectors*. 7(450): 1-14.
- Sinaga, L S, Martini, dan L D Saraswati. (2016). Status Resistensi Larva *Aedes aegypti* (Linnaeus) terhadap Temephos (Studi di Kelurahan Jatiasih Kecamatan Jatiasih Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(1):142-52.
- Utami., Anindya Wahyu., dan Mitoriana Porusia. (2023). Kajian Literatur Pengaruh Insektisida Nabati Dan Insektisida Sintetik Terhadap Kematian Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 11(2):168-89. <https://doi.org/10.14710/jkm.v11i2.37721>
- Utami., Wahyu Wira., Aktsar Roskiana Ahmad., dan Abd. Malik. (2016). Uji Aktivitas Larvasida Ekstrak Daun Jarak Kepyar (*Ricinus communis* L.) Terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 3(1):141-45. <https://doi.org/10.33096/jffi.v3i1.174>
- Vadakkan, K., Aravoor, SS., Mundanttu, M.R., Devanooru, BK., dan Puthiyamadathil, VM (2024). Penghambatan asetilkolinesterase memediasi aktivitas larvasida ekstrak *Mangifera indica* terhadap *Culex quinquefasciatus*. *Fitosains Klinis*. 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40816-024-00379-6>
- WHO (World Health Organization). (2005). *Guidelines for Laboratory and Field Testing of Mosquito Larvicides*. World Health Organization. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/1cab30dc-a9bd-4df3-9cce281fd35e316d/content>
- WHO (World Health Organization). (2024). World Malaria Report 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240104440>
- Wibowo, C. I. (2017). Efektivitas *Bacillus thuringiensis* dalam Pengendalian Larva Nyamuk *Anopheles* sp. *Biosfera*. 34(1): 39-46.
- Yuandarru, R., Setyaningrum, E., Chrisnawati, L., dan Pratami, G. D. (2025). Uji Bioaktivitas Ekstrak N-Heksana Rumput Laut *Gracilaria* sp. sebagai Antimalaria Terhadap Parasit *Plasmodium falciparum* secara *In Vitro*. *Jurnal Penelitian Sains*. 27(2D): 1-6.