

# Tanaman Gletang Pengusir Nyamuk Ramah Lingkungan Tanpa Bahan Kimia: Potensi *Tridax procumbens* sebagai Bioinsektisida Alami terhadap *Aedes aegypti*

Jannah Elok Wardatul

Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
e-mail: [jannahelokwardatul2@gmail.com](mailto:jannahelokwardatul2@gmail.com)

## Kata Kunci:

*Tridax procumbens*,  
bioinsektisida, *Aedes aegypti*,  
larvisida, metabolit sekunder

## Keywords:

*Tridax procumbens*,  
bioinsecticide, *Aedes aegypti*,  
larvicide, secondary metabolite

## ABSTRAK

Demam Berdarah Dengue (DBD) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang serius, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Penggunaan insektisida sintetis secara intensif untuk mengendalikan *Aedes aegypti* menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti resistensi serangga, pencemaran lingkungan, dan risiko kesehatan bagi manusia. Hal ini mendorong perlunya alternatif pengendalian vektor yang lebih aman dan berkelanjutan. Artikel ini menyajikan suatu kajian literatur mengenai potensi *Tridax procumbens* sebagai bioinsektisida alami berdasarkan hasil-hasil dari beberapa penelitian. Kajian dilakukan dengan menelusuri literatur terkait fitokimia, aktivitas larvisida, aktivitas repelan, serta

mekanisme biokimia tanaman tersebut dalam memengaruhi sistem fisiologis *Aedes aegypti*. Hasil kajian menunjukkan bahwa *Tridax procumbens* mengandung metabolit sekunder penting seperti  $\beta$ -ionone, dodecanal, terpenoid, flavonoid, dan aldehida yang terbukti memiliki sifat insektisida. Senyawa-senyawa ini bekerja melalui mekanisme kerusakan usus larva, gangguan metabolisme energi, gangguan respirasi, serta penghambatan enzim asetilkolinesterase pada sistem saraf nyamuk. Berdasarkan analisis pustaka, *Tridax procumbens* memiliki potensi besar sebagai bioinsektisida modern yang efektif, ramah lingkungan, dan berpotensi mengurangi risiko resistensi insektisida sintetis. Oleh karena itu, tanaman ini layak dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai formulasi larvisida maupun repelan sebagai bagian dari strategi pengendalian vektor terpadu.

## ABSTRACT

Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) remains a serious public health problem, especially in tropical countries like Indonesia. The intensive use of synthetic insecticides to control *Aedes aegypti* has led to various negative impacts, such as insect resistance, environmental pollution, and human health risks. This has prompted the need for safer and more sustainable vector control alternatives. This article presents a literature review of the potential of *Tridax procumbens* as a natural bioinsecticide based on the results of several studies. The study was conducted by examining the literature related to phytochemicals, larvicidal activity, repellent activity, and the biochemical mechanisms of the plant in affecting the physiological system of *Aedes aegypti*. The results of the study indicate that *Tridax procumbens* contains important secondary metabolites such as  $\beta$ -ionone, dodecanal, terpenoids, flavonoids, and aldehydes that have been proven to have insecticidal properties. These compounds work through the mechanisms of larval intestinal damage, energy metabolism disruption, respiratory disorders, and inhibition of the acetylcholinesterase enzyme in the mosquito nervous system. Based on the literature analysis, *Tridax procumbens* has great potential as a modern bioinsecticide that is effective, environmentally friendly, and has the potential to reduce the risk of synthetic insecticide resistance. Therefore, this plant deserves further development in various larvicidal and repellent formulations as part of an integrated vector control strategy.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2025 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

## Pendahuluan

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit yang paling cepat menyebar di dunia dan menjadi tantangan utama kesehatan global di negara beriklim tropis dan subtropis. Berdasarkan data Badan Kesehatan Dunia (WHO), kasus dengue meningkat lebih dari delapan kali lipat selama dua dekade terakhir. Di Indonesia sendiri, trend peningkatan kasus masih terjadi setiap tahun, terutama pada wilayah padat penduduk. Penyakit ini ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*, vektor yang sangat adaptif dan mampu berkembang biak di lingkungan manusia (Lim et al., 2023). Selama beberapa dekade, pengendalian vektor terutama mengandalkan insektisida kimia seperti organofosfat, piretroid, dan karbamat. Meskipun efektif, penggunaan jangka panjang menimbulkan masalah serius berupa resistensi serangga, pencemaran lingkungan, akumulasi residu toksik, serta dampak negatif bagi manusia (Fucic et al., 2021). Resistensi nyamuk terhadap insektisida sintetis diduga kuat sebagai salah satu penyebab meningkatnya kasus DBD di berbagai wilayah, karena efektivitas pengendalian populasi nyamuk menurun drastis (Lesmana et al., 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah penggunaan bahan alami dari tumbuhan sebagai bioinsektisida. Senyawa metabolit sekunder tumbuhan seperti alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, dan minyak atsiri terbukti memiliki aktivitas toksik terhadap hama dan serangga vektor penyakit (Haddi et al., 2020). Bahan alami ini lebih ramah lingkungan, mudah terurai, memiliki risiko resistensi yang lebih rendah, dan umumnya aman bagi organisme non-target. Salah satu tanaman yang potensial untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida adalah Gletang (*Tridax procumbens*), gulma dari famili Asteraceae yang banyak tumbuh di Indonesia. Tumbuhan ini telah lama digunakan secara tradisional untuk berbagai pengobatan, namun studi modern menunjukkan bahwa ia mengandung senyawa bioaktif yang juga efektif sebagai insektisida (Ingole et al., 2022). Senyawa bioaktif seperti  $\beta$ -ionone, dodecanal, pyrroline, fenol, serta berbagai terpenoid terbukti memiliki kemampuan menghambat sistem saraf dan merusak jaringan larva *Aedes aegypti* (Marin et al., 2022). Karena itu, *Tridax procumbens* berpotensi sebagai alternatif bioinsektisida modern yang dapat dikembangkan dalam bentuk larvisida, repelan, maupun formulasi aerosol. Potensi besar ini mendorong perlunya kajian literatur mendalam mengenai bagaimana *Tridax procumbens* bekerja, senyawa aktif apa yang berperan utama, serta mekanisme toksisitasnya terhadap *Aedes aegypti*.

Demam Berdarah Dengue (DBD) masih menjadi salah satu penyakit menular yang terus meningkat di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Penyakit ini ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap lingkungan permukiman manusia. Kepadatan penduduk, sanitasi lingkungan yang kurang optimal, serta ketersediaan tempat perkembangbiakan nyamuk menjadi faktor utama yang mempercepat penyebaran penyakit ini. Selama ini, pengendalian vektor DBD banyak bergantung pada penggunaan insektisida sintetis. Walaupun mampu menurunkan populasi nyamuk dalam waktu singkat, penggunaan bahan kimia secara berulang menimbulkan berbagai permasalahan serius, seperti munculnya resistensi nyamuk, pencemaran lingkungan, serta risiko gangguan kesehatan pada manusia.

Kondisi tersebut menyebabkan efektivitas insektisida sintesis semakin menurun dari waktu ke waktu.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, pengembangan bioinsektisida berbahan alami menjadi alternatif yang semakin banyak diteliti. Tumbuhan diketahui menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas toksik terhadap serangga, namun relatif lebih aman bagi lingkungan dan organisme non-target. Selain itu, mekanisme kerja senyawa alami yang beragam dapat menekan peluang terjadinya resistensi serangga. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai sumber bioinsektisida adalah gletang (*Tridax procumbens*). Tanaman ini mudah ditemukan di berbagai wilayah Indonesia dan telah dilaporkan mengandung senyawa bioaktif dengan aktivitas larvisida dan repelan. Oleh karena itu, kajian mengenai potensi, mekanisme kerja, serta peluang pengembangan *Tridax procumbens* sebagai bioinsektisida modern menjadi penting dalam mendukung strategi pengendalian vektor yang berkelanjutan

## Pembahasan

### Tantangan Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti* di Era Modern

Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* bukan hanya masalah kesehatan, tetapi juga berkaitan dengan perilaku manusia, perubahan lingkungan, dan peningkatan urbanisasi. Tempat penampungan air yang tidak dikelola dengan baik menjadi habitat ideal untuk larva. Selain itu, nyamuk ini memiliki siklus hidup yang cepat, yakni hanya dalam 7–10 hari dapat berubah dari telur menjadi dewasa. Salah satu masalah paling serius adalah resistensi insektisida. Banyak studi melaporkan bahwa *Aedes aegypti* kini resisten terhadap beberapa bahan aktif umum, yaitu Piretroid → sipermetrin, deltametrin, Organofosfat → malation, Karbamat → propoksur. Lesmana et al. (2021) menunjukkan bahwa beberapa populasi *Aedes aegypti* di Indonesia telah memiliki tingkat resistensi tinggi terhadap transfluthrin. Selain itu, penggunaan insektisida sintesis dapat menyebabkan :

- a. Penurunan biodiversitas atau keanekaragaman hayati
- b. Akumulasi residu bahan kimia dalam tanah dan air (penumpukan sisa zat atau materi yang tertinggal setelah suatu proses)
- c. Dampak buruk terhadap kesehatan manusia, termasuk risiko penyakit kronis (Fucic et al., 2021). Oleh karena itu, memerlukan solusi alternatif yang lebih aman sangat diperlukan.

### Bioinsektisida Berbasis Tumbuhan: Keunggulan dan Tantangannya

Bioinsektisida nabati menjadi perhatian karena sifatnya yang biodegradable (produk yang dapat diurai secara alami oleh mikroorganisme), aman, dan memiliki mekanisme kerja yang kompleks sehingga menurunkan risiko resistensi. Beberapa keunggulannya adalah:

1. Ramah lingkungan (cepat terdegradasi dan tidak meninggalkan residu berbahaya).
2. Multisit target (senyawa tumbuhan biasanya menyerang lebih dari satu target biokimia, membuat resistensi sulit terjadi) (Haddi et al., 2020).

3. Aman bagi manusia dan hewan ternak (profil toksisitas rendah dibanding insektisida sintetis).
4. Tersedia secara lokal (Dapat diproduksi dari tanaman yang tumbuh liar seperti *Tridax procumbens*).

Namun, bioinsektisida tetap memiliki tantangan, yaitu: kestabilan senyawa aktif rendah terhadap panas dan cahaya, umur simpan pendek, perlunya formulasi inovatif (mikrokapsul, nanoemulsi), konsentrasi efektif lebih tinggi dibanding insektisida sintetis. Meskipun begitu, kemajuan teknologi ekstraksi dan formulasi membuat bioinsektisida semakin efisien untuk dikembangkan.

#### **Karakteristik Botani dan Fitokimia *Tridax procumbens***

*Tridax procumbens* adalah tanaman herbal tahunan dengan batang merambat, daun bertekstur kasar, dan bunga kuning dengan struktur khas Asteraceae. Tanaman ini mudah ditemukan di lahan terbuka, tepi jalan, dan area pertanian. Menurut Ingole et al., (2022), *Tridax procumbens* mengandung berbagai metabolit sekunder, antara lain: Golongan Flavonoid terdapat senyawa quercetin dan luteolin, Golongan Terpenoid terdapat senyawa  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, dan terpineol, Alkaloid, Karotenoid, Ester volatile, Aldehida (dodecanal), dan Ionone. Keunikan profil fitokimia ini memungkinkan tanaman bersifat antimikroba, antiinflamasi, antioksidan dan insektisida. Tingginya keragaman metabolit memberikan *Tridax procumbens* kemampuan bekerja melalui berbagai jalur toksik terhadap serangga.

#### **Aktivitas Larvisida *Tridax procumbens***

Berbagai penelitian menunjukkan efektivitas tanaman ini terhadap larva *Aedes aegypti*:

- a. Rohmah et al., (2020) menemukan mortalitas larva mencapai 70–80% dalam 24 jam pada konsentrasi 2000 ppm.
- b. Marin et al., (2022) menunjukkan ekstrak daun dapat membunuh 90% larva pada konsentrasi 1000 ppm dalam 48 jam.
- c. Senyawa terpenoid berperan besar dalam merusak sistem metabolisme larva.

Mekanisme kerja larvisida pada *Aedes aegypti* melibatkan beberapa proses biologis penting yang dipengaruhi oleh senyawa aktif dalam *Tridax procumbens*. Pertama, senyawa fenolik pada tanaman ini dapat merusak struktur usus tengah larva dengan menyebabkan lisis membran, sehingga nutrisi tidak dapat diserap secara optimal dan larva mengalami gangguan pertumbuhan (Da Silva Costa et al., 2016). Selain itu, minyak atsiri yang terkandung dalam *T. procumbens* juga mampu mengganggu sistem respirasi larva dengan mempengaruhi fungsi spirakel serta menghambat pertukaran gas, sehingga proses pernapasan menjadi tidak efisien. Mekanisme lain yang turut berkontribusi adalah terjadinya gangguan metabolisme energi akibat inhibisi enzim pencernaan, yang menyebabkan larva tidak mampu melakukan proses metabolik secara normal sehingga akhirnya mengalami kematian.

#### **Aktivitas Repelan dan Insektisida Dewasa**

Tumbuhan penghasil minyak atsiri seperti *Tridax procumbens* secara alami menghasilkan aroma kuat yang mengganggu reseptor penciuman nyamuk. Menurut Aloum et al., (2020),  $\beta$ -ionone dan turunannya dapat menurunkan aktivitas mencari

makan serangga. Minyak atsiri *Tridax procumbens* bekerja dengan menghambat reseptor OR (odorant receptor) pada antena nyamuk, mengganggu koordinasi terbang, menyebabkan paralysis pada dosis tinggi. Hal ini menjadikan tanaman tidak hanya efektif sebagai larvisida, tetapi juga sebagai repelan dan insektisida dewasa.

### **Mekanisme Inhibisi Enzim AChE**

Asetilkolinesterase (AChE) adalah enzim yang menguraikan asetilkolin di sinapsis saraf. Bila enzim ini terhambat, sinyal saraf menjadi kacau, menyebabkan tremor, kelumpuhan, dan kematian serangga. Beberapa senyawa dalam *Tridax procumbens* seperti trans- $\beta$ -ionone-5,6-epoxide berinteraksi dengan sisi aktif AChE pada gugus serin dapat menyebabkan penumpukan asetilkolin. Akibatnya, Asetilkolin tidak dapat dipecah oleh AChE dan terakumulasi di celah sinaptik, sehingga merangsang sistem syaraf secara berlebihan dan menyebabkan gejala-gejala seperti kedutan otot, kejang, dan kematian. Oleh karena itu, inhibitor AChE dapat diterapkan sebagai obat dan toksin yang relevan untuk larva dan nyamuk *A. Aegypti* (Raj et al., 2024).

### **Prospek Pengembangan *Tridax procumbens* sebagai Bioinsektisida Modern**

Prospek pengembangan *Tridax procumbens* sebagai bioinsektisida modern sangat menjanjikan karena tanaman ini dapat diformulasikan dalam berbagai bentuk untuk meningkatkan efektivitasnya. Beberapa bentuk formulasi yang berpotensi dikembangkan antara lain larvisida cair yang dapat digunakan pada bak penampungan air, spray aerosol berbasis minyak atsiri yang praktis digunakan di dalam rumah, serta repelan dalam bentuk lotion dengan teknologi nanoemulsi agar lebih stabil dan mudah diserap kulit. Selain itu, *T. procumbens* juga dapat diaplikasikan sebagai fumigan alami untuk ruangan tertutup, memanfaatkan komponen volatilnya yang mampu mengganggu sistem pernapasan dan saraf nyamuk. Sejalan dengan perkembangan tersebut, penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi nano dapat membantu membuat senyawa alami dari tanaman menjadi lebih stabil dan bekerja lebih baik. Dengan cara ini, *T. procumbens* memiliki peluang lebih besar untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida yang efektif dan aman digunakan (Pinzi & Rastelli, 2019).

### **Tantangan Pengendalian Nyamuk *Aedes aegypti* di Masa Sekarang**

Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* sampai saat ini masih menjadi persoalan yang cukup rumit. Nyamuk ini mampu berkembang dengan cepat, terutama di lingkungan permukiman yang padat dan memiliki banyak genangan air. Wadah air rumah tangga seperti bak mandi, ember, dan tempat penampungan air hujan sering kali menjadi lokasi ideal bagi larva untuk tumbuh. Selain faktor lingkungan, penggunaan insektisida kimia secara terus-menerus juga memicu masalah baru, yaitu resistensi nyamuk. Beberapa jenis insektisida yang dulunya efektif kini mulai kehilangan daya bunuhnya karena nyamuk mampu beradaptasi. Kondisi ini membuat upaya pengendalian vektor menjadi kurang optimal dan berdampak pada meningkatnya risiko penularan demam berdarah

### **Bioinsektisida Nabati sebagai Solusi Alternatif**

Sebagai respons terhadap berbagai dampak negatif insektisida sintesis, bioinsektisida berbahan tumbuhan mulai banyak dikembangkan. Senyawa alami yang dihasilkan tanaman umumnya mudah terurai di alam sehingga tidak menimbulkan pencemaran

lingkungan jangka panjang. Selain itu, mekanisme kerja senyawa tumbuhan biasanya lebih beragam, sehingga peluang terjadinya resistensi pada serangga menjadi lebih kecil. Walaupun demikian, bioinsektisida juga memiliki keterbatasan, seperti kestabilan senyawa aktif yang rendah terhadap panas dan cahaya. Namun, dengan dukungan teknologi formulasi modern, kendala tersebut perlahan dapat diatasi sehingga efektivitas bioinsektisida semakin meningkat.

### **Karakteristik dan Kandungan Senyawa Aktif *Tridax procumbens***

*Tridax procumbens* atau gletang merupakan tanaman liar yang mudah ditemukan di berbagai wilayah Indonesia. Meskipun sering dianggap gulma, tanaman ini memiliki kandungan metabolit sekunder yang cukup beragam dan bersifat bioaktif. Beberapa golongan senyawa penting yang terkandung di dalamnya antara lain flavonoid, terpenoid, alkaloid, aldehida, dan senyawa volatil seperti ionon. Keberagaman senyawa tersebut menjadikan *T. procumbens* memiliki potensi besar sebagai agen pengendali serangga. Senyawa aktifnya mampu bekerja melalui berbagai jalur biologis sehingga memberikan efek toksik terhadap nyamuk, baik pada fase larva maupun dewasa.

### **Aktivitas Larvisida terhadap Larva *Aedes aegypti***

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak *Tridax procumbens* efektif dalam menekan populasi larva *Aedes aegypti*. Senyawa aktif dalam tanaman ini dapat merusak saluran pencernaan larva, menghambat penyerapan nutrisi, serta mengganggu proses metabolisme energi. Akibatnya, larva tidak dapat berkembang secara normal dan akhirnya mati. Selain itu, beberapa komponen minyak atsiri dalam *T. procumbens* juga memengaruhi sistem pernapasan larva dengan menghambat pertukaran gas. Kombinasi gangguan fisiologis tersebut menjadikan tanaman ini memiliki aktivitas larvisida yang cukup kuat.

### **Aktivitas Repelan dan Insektisida pada Nyamuk Dewas.**

Tidak hanya efektif pada fase larva, *Tridax procumbens* juga menunjukkan aktivitas sebagai repelan terhadap nyamuk dewasa. Aroma khas yang dihasilkan oleh senyawa volatilnya mampu mengganggu sistem penciuman nyamuk, sehingga menurunkan kemampuan nyamuk dalam mencari inang. Pada konsentrasi tertentu, senyawa aktif tanaman ini juga dapat memengaruhi sistem saraf nyamuk dewasa. Gangguan tersebut menyebabkan penurunan aktivitas terbang, kelumpuhan, hingga kematian. Hal ini menunjukkan bahwa *T. procumbens* berpotensi digunakan sebagai pengusir sekaligus pembasmi nyamuk dewasa.

### **Mekanisme Kerja melalui Penghambatan Sistem Saraf**

Salah satu mekanisme penting dari aktivitas insektisida *Tridax procumbens* adalah penghambatan enzim asetilkolinesterase. Enzim ini berperan dalam mengatur penghantaran impuls saraf pada serangga. Ketika enzim tersebut terhambat, asetilkolin akan menumpuk di sinapsis saraf sehingga menyebabkan gangguan saraf yang berujung pada kelumpuhan dan kematian nyamuk. Mekanisme ini menjelaskan mengapa senyawa dalam *T. procumbens* memiliki efek neurotoksik terhadap *Aedes aegypti* dan mendukung potensinya sebagai bioinsektisida alami

### **Prospek Pengembangan *Tridax procumbens* sebagai Bioinsektisida Modern**

Dengan ketersediaan yang melimpah dan efektivitas yang cukup tinggi, *Tridax procumbens* memiliki peluang besar untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida modern. Tanaman ini dapat diformulasikan dalam berbagai bentuk, seperti larvisida cair, semprotan aerosol, maupun losion repelan. Pengembangan formulasi berbasis teknologi nano juga berpotensi meningkatkan kestabilan dan daya kerja senyawa aktifnya. Dengan pendekatan tersebut, *T. procumbens* dapat menjadi solusi pengendalian nyamuk yang lebih aman, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

### **Kesimpulan dan Saran**

*Tridax procumbens* merupakan tanaman dengan potensi besar untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida alami. Keberadaan senyawa aktif seperti  $\beta$ -ionone, dodecanal, terpenoid, flavonoid, dan aldehida memberikan aktivitas larvisida dan repelan yang signifikan terhadap *Aedes aegypti*. Senyawa tersebut bekerja melalui berbagai mekanisme, antara lain kerusakan usus larva, penghambatan enzim asetilkolinesterase, gangguan metabolisme, dan efek neurotoksik. Berdasarkan beberapa penelitian, tanaman ini layak dipertimbangkan sebagai alternatif insektisida sintesis karena lebih aman, mudah terurai, dan memiliki risiko resistensi lebih rendah.

### **Daftar Pustaka**

- Aloum, L., Alefishat, E., Adem, A., & Petroianu, G. (2020). Ionone Is More than a Violet's Fragrance: A Review. *Molecules*, 25(24), 5822. <https://doi.org/10.3390/molecules25245822>
- Da Silva Costa, M., De Paula, S. O., Martins, G. F., Zanuncio, J. C., Santana, A. E. G., & Serrão, J. E. (2016). Multiple Modes of Action of the Squamocin in the Midgut Cells of *Aedes aegypti* Larvae. *PLOS ONE*, 11(8), e0160928. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160928>
- Fucic, A., Duca, R. C., Galea, K. S., Maric, T., Garcia, K., Bloom, M. S., Andersen, H. R., & Vena, J. E. (2021). Reproductive Health Risks Associated with Occupational and Environmental Exposure to Pesticides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6576. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126576>
- Haddi, K., Turchen, L. M., Viteri Jumbo, L. O., Guedes, R. N., Pereira, E. J., Aguiar, R. W., & Oliveira, E. E. (2020). Rethinking biorational insecticides for pest management: Unintended effects and consequences. *Pest Management Science*, 76(7), 2286–2293. <https://doi.org/10.1002/ps.5837>
- Ingole, V. V., Mhaske, P. C., & Katade, S. R. (2022). Phytochemistry and pharmacological aspects of *Tridax procumbens* (L.): A systematic and comprehensive review. *Phytomedicine Plus*, 2(1), 100199. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100199>
- Lesmana, S. D., Maryanti, E., Haslinda, L., Jazila, A., & Mislindawati, M. (2021). Resistensi *Aedes aegypti* Terhadap Insektisida: Studi pada Insektisida Rumah Tangga. *Jurnal*

- Ilmu Kedokteran (Journal of Medical Science)*, 15(2), 63.  
<https://doi.org/10.26891/JIK.v15i2.2021.63-68>
- Lim, H., Lee, S. Y., Ho, L. Y., & Sit, N. W. (2023). Mosquito Larvicidal Activity and Cytotoxicity of the Extracts of Aromatic Plants from Malaysia. *Insects*, 14(6), 512.  
<https://doi.org/10.3390/insects14060512>
- Marin, G., Subramanian Arivoli, & Samuel Tennyson. (2022). Toxicity of Tridax procumbens leaf extract to dengue vectors *Aedes aegypti* L. and *Ae albopictus* Skuse. *Indian Journal of Entomology*, 1–4. <https://doi.org/10.55446/IJE.2022.444>
- Pinzi, L., & Rastelli, G. (2019). Molecular Docking: Shifting Paradigms in Drug Discovery. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4331.  
<https://doi.org/10.3390/ijms20184331>
- Raj, A., Kumar, A., & Khare, P. K. (2024). The looming threat of profenofos organophosphate and microbes in action for their sustainable degradation. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(10), 14367–14387.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-024-32159-7>
- 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>