

Efek Arus Listrik *Direct Current* (DC) sebagai Daya Kejut Terhadap Larva *Aedes aegypti*

Syakhroni Syakhroni^{1*}, Dwi Sutiningsih², Nurjazuli Nurjazuli²

¹ Program Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

² Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Jacub Rais Tembalang Semarang, Indonesia

*Corresponding author : syakhronibindarja@yahoo.co.id

Info Artikel: Diterima 9 Agustus 2023 ; Direvisi 14 September 2023 ; Disetujui 18 September 2023

Tersedia online : 26 September 2023 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2024

Cara sitasi: Syakhroni S, Sutiningsih D, Nurjazuli N. Efek Arus Listrik Direct Current (DC) sebagai Daya Kejut Terhadap Larva *Aedes aegypti*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2024 Feb;23(1):19-24. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.1.19-24>.

ABSTRAK

Latar belakang: Pengendalian DBD masih berfokus pada vektornya yang bertujuan untuk menurunkan kelimpahan nyamuk *Aedes aegypti*. Pengendalian DBD secara fisik dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengendalian *Ae. aegypti* karena hal ini melengkapi pengendalian vektor terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk menguji prototipe alat yang berbasis kejutan listrik yang aman digunakan dan menggunakan arus *direct current* yang diaplikasikan pada air berisi larva *Ae. aegypti* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap larva *Ae. aegypti*.

Metode: Penelitian menggunakan larva *Ae. aegypti* instar III dan IV. Larva dipaparkan pada arus listrik DC dengan lima voltase uji yaitu 3, 4, 5, 6 dan 7 volt. Pengulangan dilakukan sebanyak 10 kali dan tiap uji digunakan 25 larva. Pengamatan dilakukan pada menit 15, 30, 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam setelah perlakuan.

Hasil: Perbedaan nilai voltase arus listrik *direct current* terhadap kematian larva *Ae. aegypti* berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Hubungan antara voltase dan kematian larva bersifat positif yang berarti semakin besar voltase maka semakin banyak kematian larva *Ae. aegypti*. Nilai probit perlakuan voltase input 7 volt merupakan nilai yang paling cepat dalam mematikan larva yaitu nilai LT50 yaitu 1,81 jam pada volume air uji 5 liter dan LT50: 0,54 jam pada volume uji 10 liter.

Simpulan: Nilai voltase berpengaruh signifikan terhadap kematian larva *Ae. aegypti*. Nilai probit perlakuan voltase input 7 volt merupakan nilai yang paling cepat dalam mematikan larva *Ae. aegypti*.

Kata kunci: *Aedes aegypti*; *Direct Current*; *Lethal Time*

ABSTRACT

Title: *Effect of Direct Current Electricity as a Shock Force on Aedes aegypti Larvae*

Background: *DHF control is still focused on the vector which aims to reduce the abundance of Aedes aegypti. Physical DHF control can be used as an alternative in controlling Ae. aegypti as this complements integrated vector management. The aim of this study is to test a prototype device based on electric shock that was safe to use and using direct current electricity that can be applied to water containing Ae. aegypti larvae to determine the effect on the mortality of Ae. aegypti.*

Method: *This study using Ae. aegypti instars III and IV. The larvae were exposed to direct current electricity with five test voltages namely 3, 4, 5, 6 and 7 volts. Repetition was carried out 10 times with each test requiring as many as 25 larvae. Observations were made at 15, 30, 1 hour, 2 hours, 3 hours and 4 hours after treatment.*

Result: The difference in the value of direct current electricity voltage to the mortality of *Ae. aegypti* larvae has a significant different ($p < 0.05$). The relationship between voltage and larval mortality is positive, which means that the greater the voltage, the more *Ae. aegypti* larvae death. The probit value for the 7-volt input voltage treatment was the fastest in killing the larvae, namely the LT_{50} value of 1.81 hours at 5 liters of water volume and LT_{50} : 0.54 hours at 10 liters of water volume.

Conclusion: The voltage value has a significant effect on the mortality of *Ae. aegypti* larvae. The probit value of the 3-volt input voltage treatment was the slowest in killing larvae and the 7-volt input voltage was the fastest in killing *Ae. aegypti* larvae

Keywords: *Aedes aegypti*; Direct Current; Lethal Time

PENDAHULUAN

Sejak kasus DBD pertama kali dilaporkan pada tahun 1968 di Jakarta dan Surabaya, kasus DBD bertambah meningkat dan meluas hampir di seluruh kabupaten/kota di Indonesia. Pada tahun 2021, kejadian DBD telah ditemukan di 33 provinsi, 440 kabupaten/kota. Kasus DBD dilaporkan terbanyak pada daerah-daerah dengan tingkat kepadatan yang tinggi, seperti provinsi-provinsi di Pulau Jawa, Bali dan Sumatera.¹ Menurut Surveilans Dinas Kesehatan DKI Jakarta, terdapat 543 kasus DBD terlapor pada tahun 2020, kemudian terdapat 368 kasus DBD pada tahun 2021 di wilayah Jakarta Utara. Secara umum, jumlah penderita DBD hingga akhir Januari 2021 sebanyak 3.091 orang. Pada tahun 2022, kasus DBD meningkat sebanyak 35% dari tahun 2021 di DKI Jakarta.²

Program pengendalian DBD masih berfokus pada pengendalian terhadap vektornya yang bertujuan untuk menurunkan kelimpahan nyamuk *Aedes aegypti*.^{3,4} Beberapa pengendalian tersebut diantaranya adalah pengendalian kimiawi (penggunaan insektisida sintesis komersil maupun insektisida alami dari ekstrak metabolit sekunder tumbuhan).^{5,6} Pengendalian menggunakan insektisida sintesis komersil dapat menimbulkan resistensi nyamuk, selain itu penggunaan insektisida alami yang tidak terkendali dapat mengakibatkan keracunan baik pada manusia maupun kematian bagi serangga non-target.^{7,8} Selanjutnya, pengendalian secara fisik yaitu program pengelolaan lingkungan atau 3M plus (menutup, menguras, dan mendaur ulang), namun program 3M plus tersebut tidak mudah dilakukan karena terdapat habitat larva yang sulit dibersihkan dan masih banyak masyarakat yang belum terbiasa melakukannya secara rutin.⁹ Meskipun berbagai program telah dilakukan, namun kejadian DBD masih tinggi dan penularan DBD masih terus terjadi di Indonesia.

Saat ini, pengendalian DBD secara fisik dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengendalian *Ae. aegypti* karena hal ini melengkapi pengendalian vektor terpadu. Selain itu, pengendalian fisik tidak berpengaruh buruk pada lingkungan, dan tidak membutuhkan insektisida sehingga mengurangi munculnya resistensi insektisida.^{10,11} Penelitian sebelumnya, pengendalian fisik menggunakan alat kelistrikan sebagai instrumen pembunuh telah dilaporkan. Matsuda et al. melaporkan pengendalian

fisik terhadap serangga berbasis perangkap yang dilengkapi kelistrikan menunjukkan kemampuan bahwa prototipe alat tersebut dalam menangkap dan mematikan serangga uji serta berkolerasi positif ($p < 0,05$, $R^2 = 0,9841$; $p < 0,05$, $R^2 = 0,9881$).¹² Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hakim et al. kemampuan *direct current* (DC) yang diubah menjadi *alternating current* (AC) dalam menghambat perkembangan telur *Ae. aegypti* mampu menghambat perkembangan telur *Ae. aegypti* rata-rata 86,7% dan tidak mencapai 95% atau lebih.¹³

Penelitian ini mengembangkan dan menguji prototipe alat yang berbasis kejutan listrik dan menggunakan arus DC yang dapat diaplikasikan pada air berisi larva *Ae. aegypti*. Keunggulan prototipe alat ini adalah tidak mempunyai risiko meningkatkan resistensi *Ae. aegypti* serta ramah lingkungan karena tidak menggunakan insektisida maupun bahan kimia lain. Selain itu, tegangan arus listrik pada prototipe alat ini aman untuk manusia seperti yang dijelaskan penelitian sebelumnya bahwa tegangan 7 volt arus listrik DC yang diaplikasikan pada pakaian yang berfungsi sebagai proteksi nyamuk masih aman ketika diaplikasikan.¹⁴ Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan arus listrik DC sebagai daya kejutan terhadap kematian larva *Ae. aegypti*.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan sampel larva *Ae. aegypti* instar III dan IV. Pengujian dilakukan di Laboratorium Entomologi BBTCL Jakarta pada Maret – Mei 2023. Sampel yang diuji adalah larva *Ae. aegypti* untuk 5 jenis perlakuan (3, 4, 5, 6, dan 7 volt) dan 1 kontrol dimasukkan dalam kontainer air yang berisi 5 dan 10 liter yang diletakkan berjajar. Pengujian dilakukan 10 kali pengulangan. Kemudian bagian konduktor pada alat prototipe berarus DC dimasukkan ke dalam kontainer air yang sudah berisi larva *Ae. aegypti* selama 1 menit. Kemudian larva diamati kematiannya setelah perlakuan pada waktu ke-15 menit, 30 menit, 60 menit, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam.

Penentuan jumlah sampel pada penelitian didasarkan pada panduan WHO.¹⁵ Untuk sekali uji pada satu konsentrasi, dibutuhkan minimal 25 larva. Mortalitas larva dihitung menggunakan rumus:

$$M = M_1/M_0 \times 100\%$$

Keterangan:

M : Mortalitas larva nyamuk

M0: Jumlah larva nyamuk uji

M1: Jumlah larva mati

Data dianalisis menggunakan software SPSS 25.00 dengan uji ANOVA untuk melihat ada tidaknya perbedaan jumlah kematian larva *Ae. aegypti* semua kelompok uji terhadap nilai voltase arus listrik DC dan suhu dan pH. Uji regresi linier sederhana dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai voltase arus listrik DC dengan kematian larva. Uji T-independen dilakukan pada pengaruh volume air pada pengujian terhadap kematian larva. Nilai p kurang dari 0,05 diartikan signifikan secara statistik. Untuk mengetahui daya bunuh arus listrik DC pada rangkaian elektro terhadap larva *Ae. aegypti* dinyatakan dengan *Lethal Time* (LT) yang dilakukan dengan Analisis Probit untuk menentukan LT_{50} dan LT_{90} .

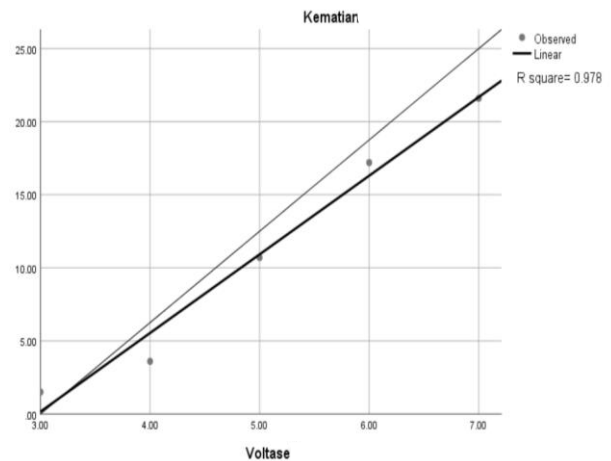
HASIL DAN PEMBAHASAN

Instrumen eksperimental sederhana pada penelitian ini dibuat dengan beberapa instrumen kelistrikan sederhana dan mudah dirakit. Plat besi ditempatkan di air yang berfungsi sebagai konduktor dan larva uji diletakkan pada baki yang berisi air. Sifat larva *Ae. aegypti* yang *bottom feeder* memudahkan alat eksperimental menjangkau ke media air.¹⁶ Instrumen eksperimental ini juga menunjukkan hasil yang dapat membuat tubuh larva *Ae. aegypti* menjadi hancur.

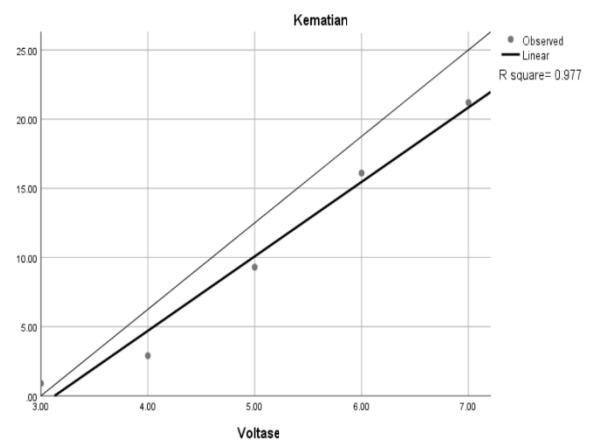
Berdasarkan uji statistik, perbedaan nilai voltase arus listrik DC terhadap kematian larva berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Selain itu, berdasarkan hubungan antara nilai voltase arus listrik DC dengan kematian larva, dihasilkan bahwa semakin besar nilai voltase maka semakin tinggi kematian larva (Gambar 1 dan 2). Berdasarkan data, persentase kematian terbesar didapatkan pada nilai voltase 7 volt. Hal ini dapat dihubungkan dengan kemampuan voltase tinggi dapat menyebabkan kematian karena fibrilasi ventrikel, memengaruhi kinerja dan perkembangan serangga, termasuk di tingkat seluler. Pada voltase yang lebih besar, medan listrik menjadi lebih kuat karena perbedaan potensial yang lebih besar.¹¹ Listrik yang ber-pulse rendah dapat menyebabkan larva nyamuk mengalami keracunan, perubahan protein pada tubuhnya, memengaruhi kemampuan untuk hidup. Peningkatan parameter listrik ber-pulse juga mengaktifkan stres oksidatif dalam sel larva dengan mengganggu sekresi enzim yang dapat memengaruhi kemampuan larva.¹⁷

Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara voltase uji dan mortalitas larva *Ae. aegypti* pada volume air uji 5 dan 10 liter ($p < 0,05$), sehingga semakin tinggi voltase uji maka semakin tinggi jumlah kematian larva *Ae. aegypti*. Hubungan positif yang kuat dan berpola

positif juga menggambarkan efek signifikan kenaikan voltase input terhadap kematian larva *Ae. aegypti*. Menurut Matsuda et al. fenomena elektrostatis yang digunakan untuk pengendalian hama adalah pelepasan listrik dalam medan listrik yang dinamis. Medan listrik dihasilkan oleh dua pelat besi logam yang dimasukkan ke dalam air. Medan listrik terbentuk di antara muatan yang berlawanan dari pelat besi logam. Semakin besar voltase yang digunakan maka semakin besar juga daya bunuhnya terhadap larva *Ae. aegypti*.¹⁸



Gambar 1. Hubungan nilai voltase arus listrik DC terhadap kematian larva *Ae. aegypti* pada volume air uji 5 liter



Gambar 2. Hubungan nilai voltase arus listrik DC terhadap kematian larva *Ae. aegypti* pada volume air uji 10 liter

Pada volume air uji sebanyak 5 liter, perlakuan arus listrik DC dengan input 3 volt merupakan voltase yang paling lama membunuh larva uji. Nilai LT_{50} yang dihasilkan yaitu 293,68 jam yang berarti bahwa arus listrik DC input 3 volt dapat membunuh 50% larva uji membutuhkan waktu 293,68 jam dan nilai LT_{90} yang dihasilkan yaitu 20592,16 jam yang berarti bahwa arus listrik DC input 3 volt dapat membunuh dapat membunuh 90% larva uji. Perlakuan arus listrik DC dengan input 7 volt merupakan voltase yang paling cepat membunuh larva yaitu pada 1,81 jam dapat

membunuh 50% larva uji (LT50= 1,81 jam) dan 18,29 jam dapat membunuh 90% larva uji pada kondisi air 5 liter (LT90= 18,29 jam).

Di samping itu, pada volume air uji sebanyak 10 liter, perlakuan arus listrik DC dengan input 3 volt merupakan voltase yang paling lama membunuh larva yaitu pada kondisi 3928,56 jam dapat membunuh 50% larva uji (LT50= 3928,56 jam) dan 421966,19 jam dapat membunuh 90% larva uji (LT90= 421966,19 jam). Perlakuan dengan input 7 volt merupakan voltase yang paling cepat membunuh larva. Nilai LT50 yang dihasilkan yaitu 0,54 jam yang berarti bahwa arus listrik 7 volt dapat membunuh 50% larva uji membutuhkan waktu 0,54 jam dan nilai LT90 adalah 54,71 jam (Tabel 1 dan 2).

Alternatif pengendalian hama salah satunya adalah pengendalian fisik dengan menggunakan alat yang dilengkapi kelistrikan. Alat tersebut dapat mematikan serangga uji dan berkorelasi positif ($p < 0,05$, $R^2 = 0,9841$; $p < 0,05$, $R^2 = 0,9881$).¹¹ Alternatif pengendalian *Ae. aegypti* lain juga dapat menggunakan ekstrak tumbuhan dan temephos. Masing-masing uji tersebut menunjukkan hasil yang berbeda-beda seperti yang dijelaskan pada penelitian sebelumnya.^{19,20}

Tabel 1. Jumlah kematian larva *Ae. aegypti* setelah pemberian arus listrik DC dengan pada voltase input berbeda

berdasarkan waktu (*Lethal Time*) pada volume air uji 5 liter

| Volume air | Voltase input | Mortalitas 50% | Mortalitas 90% |
|------------|---------------|----------------|----------------|
| | | LTx (jam) | LTx (jam) |
| 5 Liter | 3 | 293.68 | 20592.16 |
| | 4 | 67.58 | 1107.79 |
| | 5 | 2.46 | 401.13 |
| | 6 | 5.23 | 16.35 |
| | 7 | 1.81 | 18.29 |

Tabel 2. Jumlah kematian larva *Ae. aegypti* setelah pemberian arus listrik DC dengan pada voltase input berbeda

berdasarkan waktu (*Lethal Time*) pada volume air uji 10 liter

| Volume air | Voltase input | Mortalitas 50% | Mortalitas 90% |
|------------|---------------|----------------|----------------|
| | | LTx (jam) | LTx (jam) |
| 10 Liter | 3 | 3928.56 | 421966.19 |
| | 4 | 54.24 | 1520.64 |
| | 5 | 5.02 | 326.05 |
| | 6 | 8.56 | 112.97 |
| | 7 | 0.54 | 54.71 |

Pada input voltase 6 volt, hasil statistik menunjukkan bahwa interpretasinya adalah terdapat pengaruh signifikan suhu ($p < 0,05$) dan pH air ($p > 0,05$) terhadap kematian larva *Ae. aegypti*. Pada input voltase lainnya menunjukkan tidak terdapat pengaruh

signifikan suhu dan pH air ($p > 0,50$) terhadap kematian larva (Tabel 3). Hasil tersebut diduga karena suhu dan pH air memengaruhi aliran listrik yang dihasilkan oleh instrument listrik tersebut. Suhu optimal yang dibutuhkan oleh larva *Ae. aegypti* untuk berkembangbiak secara optimal adalah antara 25-30 °C.²¹

Tabel 3. Pengaruh suhu dan pH pada penggunaan arus listrik DC terhadap kematian larva *Ae. aegypti*

| Voltase input | Variabel | P |
|---------------|----------|-------|
| 3 | Suhu | 0,543 |
| | pH | 0,388 |
| 4 | Suhu | 0,417 |
| | pH | 0,498 |
| 5 | Suhu | 0,412 |
| | pH | 0,105 |
| 6 | Suhu | 0,032 |
| | pH | 0,628 |
| 7 | Suhu | 0,869 |
| | pH | 0,794 |

Komponen paling penting dalam pembagian daya listrik adalah penghantar listriknya. Selain itu, ada beberapa faktor yang memengaruhi kemampuan penghantaran listrik diantaranya adalah kualitas konduktor dan resistensinya. Suhu yang bervariasi akan memengaruhi konduktor dan resistensinya. Getaran-getaran elektron bebas pada arus listrik berkorelasi positif dengan semakin tingginya temperatur suatu penghantar. Penghambatan jalannya arus listrik dipengaruhi juga oleh getaran elektron bebas tersebut.²² Pengaruh pH terhadap aliran listrik juga dijelaskan bahwa semakin besar nilai pH maka akan mengakibatkan peningkatan pembentukan jumlah elektron yang dihasilkan selama proses elektrolisis.²³

Tabel 4. Pengaruh perbedaan volume air pada penggunaan arus listrik DC terhadap kematian larva *Ae. aegypti*

| Voltase input | Variabel | P |
|---------------|-------------------------------|-------|
| 3 | Volume air uji 5 dan 10 liter | 0,01 |
| 4 | Volume air uji 5 dan 10 liter | 0,002 |
| 5 | Volume air uji 5 dan 10 liter | 0,001 |
| 6 | Volume air uji 5 dan 10 liter | 0,023 |
| 7 | Volume air uji 5 dan 10 liter | 0,034 |

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan secara bermakna antara volume air dalam penggunaan arus listrik DC terhadap kematian larva pada input voltase 3, 4, 5, 6, dan 7 volt ($p < 0,05$) (Tabel 4). Kematian larva pada volume air 10 liter cenderung lebih banyak dibandingkan volume air 5 liter pada tegangan listrik yang sama. Hal ini diduga karena volume air yang lebih banyak diduga memiliki kandungan unsur logam ataupun total dissolved solid (TDS) yang lebih banyak. Sebaliknya, volume air yang sedikit diduga memiliki kandungan unsur logam ataupun TDS yang sedikit. Hal ini dapat menyebabkan

kondisi penghantaran arus listrik terhadap larva *Ae. aegypti* juga berbeda dan bervariasi. TDS juga berpengaruh terhadap keberadaan larva *Ae. aegypti* di habitat.^{24,25}

Untuk tindakan pengendalian vektor yang efektif, faktor yang penting adalah ekologi air, termasuk sifat fisik, biologi dan kimia air tempat perkembangbiakan nyamuk. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa kimia air merupakan faktor penting apakah nyamuk betina akan bertelur atau tidak dan untuk perkembangan selanjutnya pada siklus hidupnya.^{26,27} Pada penelitian Takikawa et al. media air di luar dan di dalam tubuh serangga juga berperan dalam penghantaran arus listrik. Media air berkontribusi pada sifat konduktif serangga, yang memungkinkan pengendalian serangga oleh medan listrik yang ditempatkan pada air dan listrik yang dihasilkan dapat dijadikan alternatif dalam pengendalian yang ramah lingkungan.^{28,29} Beban kesehatan yang diakibatkan oleh DBD pada masa mendatang terus mengalami peningkatan. Maka dari itu, alat pengendalian vektor terbaru dan strategi pengendalian vektor terpadu diperlukan untuk mengatasi kesehatan masyarakat yang lebih efektif dan ramah lingkungan.^{30,31}

SIMPULAN

Nilai voltase berpengaruh signifikan terhadap kematian larva *Aedes aegypti*. Hubungan antara voltase dan kematian larva bersifat positif yang berarti semakin besar voltase maka semakin banyak kematian larva *Ae. aegypti* uji. Nilai probit perlakuan voltase input 3 volt merupakan nilai yang paling lambat dalam mematikan larva dan voltase input 7 volt merupakan nilai yang paling cepat dalam mematikan larva *Ae. aegypti*. Suhu dan pH tidak berpengaruh terhadap kematian larva *Ae. aegypti*, namun hanya suhu pada input voltase 6 volt yang berpengaruh signifikan terhadap kematian larva *Ae. aegypti*. Volume air uji dalam pengujian berpengaruh signifikan terhadap kematian larva *Ae. aegypti*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Data DBD di Indonesia. Ditjen PPM&PL. Jakarta; 2022.
2. Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. Statistik Indonesia tahun 2020. BPS. Jakarta; 2021.
3. Matthews BJ. *Aedes aegypti*. Trends Genetic. 2019;35(6):470-471. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2019.03.005>
4. Achee NL, Grieco JP, Vatandoost H, Seixas G, Pinto J, Ching-Ng L, Martins AJ, Juntarajumnong W, Corbel V, Gouagna C, David JP, Logan JG, Orsborne J, Marois E, Devine GJ, Vontas J. Alternative strategies for mosquito-borne arbovirus control. PLoS Neglected Tropical Disease. 2019;13(1):e0006822. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006822>
5. Wang WH, Urbina AN, Chang MR, Assavalapsakul W, Lu PL, Chen YH, Wang SF. Dengue hemorrhagic fever - A systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. Journal of Microbiology, Immunology and Infection. 2020;53(6):963-978. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.007>
6. Madushanka A, Verma N, Freindorf M, Kraka E. Papaya leaf extracts as potential dengue treatment: An in-silico study. International journal of molecular sciences. 2022;23(20):12310. <https://doi.org/10.3390/ijms232012310>
7. World Health Organization. Dengue Situation Updates 2021. WHO Regional Office for the Western Pacific. Geneva; 2022.
8. Targanski SK, Sousa JR, de Pádua GM, de Sousa JM, Vieira LC, Soares MA. Larvicidal activity of substituted chalcones against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and non-target organisms. Pest Management Science. 2021;77(1):325-334. <https://doi.org/10.1002/ps.6021>
9. Garjito TA, Hidajat MC, Kinansi RR, Setyaningsih R, Anggraeni YM, Mujiyanto, Trapsilowati W, Jastal, Ristiyanto, Satoto TBT, Gavotte L, Manguin S, Frutos R. *Stegomyia* indices and risk of dengue transmission: A lack of correlation. Frontiers in Public Health. 2020;8:328. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00328>
10. Kementerian Kesehatan. Strategi nasional penanggulangan Dengue 2021–2025. Ditjen PPM&PL. Jakarta; 2021.
11. Lima EP, Goulart MO, Rolim Neto ML. Meta-analysis of studies on chemical, physical and biological agents in the control of *Aedes aegypti*. BMC Public Health. 2015;15:858. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2199-y>
12. Matsuda Y, Nonomura T, Toyoda H. Physical methods for electrical trap-and-kill fly traps using electrified insulated conductors. Insects. 2022; 13(3):253. <https://doi.org/10.3390/insects13030253>
13. Hakim L, Pujiastuti E, Kusnandar AJ. Kemampuan *direct current* yang diubah menjadi *alternating current* dalam menghambat perkembangan telur nyamuk *Aedes aegypti*. Jurnal Biotek Medisiana Indonesia, 2012;1(2):55-62.
14. Luan K, McCord MG, West AJ, Cave G, Travanty NV, Apperson CS, Roe RM. Mosquito blood feeding prevention using an extra-low dc voltage charged cloth. Insects. 2023;14(5):405. <https://doi.org/10.3390/insects14050405>
15. World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. 1st ed. Geneva; 2020.
16. Steinwascher K. Competition among *Aedes aegypti* larvae. PLoS One. 2018;13(11):e0202455. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202455>
17. Mohamad EA, Elfky AA, El-Gebaly RH, Afify A. Study the change in the mosquito larvae (*Culex pipiens*) in water treated with short pulses electric filed. Electromagnetic Biology and Medicine.

- 2022;41(1):80-92.
<https://doi.org/10.1080/15368378.2021.2012787>
18. Matsuda Y, Shimizu K, Sonoda T, Takikawa Y. Use of electric discharge for simultaneous control of weeds and houseflies emerging from soil. *Insects*. 2020;11(12):861. <https://doi.org/10.3390/insects11120861>
 19. Koraag ME. Lethal time ekstrak bunga kecombrang (*Etlingera elatior*) terhadap larva *Aedes aegypti*. *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNM*. 2020;300-309.
 20. Fatimah G, Rahayu R, Hasmiwati. Lethal concentration (LC_{50, 90}, and ₉₈) and lethal time (LT_{50, 90}, and ₉₈) at various temephos concentrations of *Aedes aegypti* larvae. *International Journal of Mosquito Research*. 2020;7(1);1-3.
 21. Service M. *Medical Entomology for Students*. 4th ed. Cambridge;2020.
 22. Julianto B, Supriyadi. Pengaruh suhu terhadap hambatan rangkaian listrik. *Jurnal Fisika*. 2013;3(2);102-104.
 23. Aziz A, Udaibah W, Hidayah M. Pengaruh pH dan tegangan listrik dalam elektrolisis limbah padat baja (*Slag Eaf*) sebagai upaya mereduksi kandungan logam Fe pada limbah padat industri galvanis. *Walisongo journal of Chemistry*. 2018;1(2);52-59. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3102>
 24. Chathuranga WGD, Weeraratne TC, Abeyundara SP, Karunaratne SHPP, de Silva WAPP. Breeding site selection and co-existing patterns of tropical mosquitoes. *Med Vet Entomol*. 2023;37(3):550-561. <https://doi.org/10.1111/mve.12656>
 25. Dalpadado R, Amarasinghe D, Gunathilaka N. Water quality characteristics of breeding habitats in relation to the density of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in domestic settings in Gampaha district of Sri Lanka. *Acta Tropica*. 2022;229:106339. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2022.106339>
 26. Chatterjee, S., Chakraborty, A., & Sinha, S. K. (2015). Spatial distribution & physicochemical characterization of the breeding habitats of *Aedes aegypti* in & around Kolkata, West Bengal, India. *The Indian journal of medical research*, 142 Suppl(Suppl 1), S79–S86. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.176631>
 27. Garcia-Sánchez DC, Pinilla GA, Quintero J. Ecological characterization of *Aedes aegypti* larval habitats (Diptera: Culicidae) in artificial water containers in Girardot, Colombia. *Journal of Vector Ecology*. 2017;42(2):289-297. <https://doi.org/10.1111/jvec.12269>
 28. Takikawa Y, Takami T, Kakutani K. Body water-mediated conductivity actualizes the insect-control functions of electric fields in houseflies. *Insects*. 2020;11(9);561. <https://doi.org/10.3390/insects11090561>
 29. He J, Cao Z, Yang J, Zhao HY, Pan WD. Effects of static electric fields on growth and development of wheat aphid *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) through multiple generations. *Electromagnetic biology and medicine*. 2016;35(1);1–7. <https://doi.org/10.3109/15368378.2014.954288>
 30. Santos VSV, Pereira BB. Low toxicity and high efficacy in use of novel approaches to control *Aedes aegypti*. *Journal of Toxicology Environmental Health*. 2020;23(6):243-254. <https://doi.org/10.1080/10937404.2020.1776655>
 31. Santos VSV, Silva CE, Oliveira CM, de Moraes CR, Limongi JE, Pereira BB. Evaluation of toxicity and environmental safety in use of spinosad to rationalize control strategies against *Aedes aegypti*. *Chemosphere*. 2019;226:166-172. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.129>



©2024. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.