

Insektisida Nabati dalam Bentuk Aerosol Terhadap Mortalitas *Aedes aegypti*

Alexander¹, Monica Puspa Sari², Rina Priastini Susilowati³

¹Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

²Departemen Parasitologi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

³Departemen Biologi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

Alamat Korespondensi: alexander.2017fk119@civitas.ukrida.ac.id

Abstrak

Demam berdarah *dengue* merupakan penyakit endemik di Indonesia. Dalam 10 tahun terakhir terjadi peningkatan kasus infeksi demam berdarah dengue sehingga dibutuhkan tindakan pencegahan berupa penggunaan insektisida. Insektisida dapat digolongkan menjadi insektisida nabati dan insektisida sintetik. Insektisida nabati lebih baik dibandingkan insektisida sintetik karena dapat diurai lingkungan dan aman bagi manusia karena berasal dari tanaman herbal. Penggunaan insektisida nabati dapat digunakan dalam berbagai bentuk. Dari sisi efektivitas dan pengaruh terhadap pengguna sediaan aerosol lebih efektif dibandingkan dengan sediaan lainnya. Indikator penilaian toksisitas suatu tanaman dapat berupa EC₅₀, LC₅₀ dan KT₅₀ yang dapat menilai tanaman manakah yang paling kompetibel untuk dijadikan sebagai insektisida nabati. Tinjauan pustaka ini mengevaluasi efektifitas berbagai jenis insektisida nabati bentuk aerosol.

Kata Kunci : aerosol, demam berdarah dengue, insektisida nabati, toksisitas

The Application of Botanical Insecticides Aerosol to Aedes aegypti Mortality

Abstract

Dengue hemorrhagic fever (DHF) is an endemic in Indonesia. With the increasing cases of DHF infection over the last decade, the use of insecticides as a preventative measure has become necessary. Insecticides are classified into two types: botanical insecticides and synthetic insecticides. Botanical insecticides are preferable to synthetic insecticides because they are biodegradable in the environment and safe for humans because they are derived from herbal plants.. Botanical insecticides can be used in a variety of ways, but aerosol preparations are more effective than others in terms of efficacy. The commonly used terms to describe plant toxicity are EC₅₀, LC₅₀, and KT₅₀, which are used to determine whether the plants could be used as botanical insecticides. This literature review aims to evaluate the effectiveness of botanical insecticides in aerosol preparations.

Keywords: aerosol, dengue hemorrhagic fever, botanical insecticide, toxicity

Pendahuluan

Nyamuk adalah serangga yang berperan penting sebagai vektor utama dari penyakit. Salah satu penyakit yang vektor utamanya nyamuk adalah demam berdarah dengue (*Dengue Hemorrhagic Fever*) atau biasa yang dikenal sebagai DBD. Vektor utama DBD adalah *Aedes aegypti*. Selain menyebabkan demam berdarah, nyamuk *Ae. aegypti* juga merupakan salah satu vektor utama

dari demam kuning (*Yellow Fever*), *Equin Encephalitis* dan *Enzootic Hepatitis*.¹

Prevalensi kejadian demam berdarah di Indonesia sangat tinggi setiap tahunnya. Hal ini juga terjadi di ibukota Indonesia yaitu Jakarta. Angka kejadian kasus DBD di Indonesia mengalami kenaikan pada tahun 2011-2016. Pada tahun 2011, angka kejadian kasus DBD di

How to Cite :

Alexander, Sari M. P., Susilowati R. P. Insektisida Nabati dalam Bentuk Aerosol Terhadap Mortalitas *Aedes aegypti*. J Kdoct Meditek, 2022; 28(2), 186–192. Available from: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/Meditek/article/view/2091/version/2054> DOI: <https://doi.org/10.36452/jkdoctmeditek.v28i2.2091>

Indonesia sebesar 27,67%, yang meningkat pada tahun 2012 dan 2013 menjadi 37,27% dan 45,85%. Hal yang berbeda terjadi pada tahun 2014 dimana terjadi penurunan kasus sebesar 39,80% dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2015 terjadi peningkatan kasus sebesar 50,75% dan tahun 2016 kasus DBD meningkat signifikan sebesar 78,85%.² Angka kejadian kasus DBD di Indonesia pada tahun 2019 yaitu sebanyak 112.954 kasus, sedangkan pada tahun 2020 terjadi penurunan kasus yaitu menjadi sebanyak 95.893 kasus.² Adapun hal yang menjadi penyebab peningkatan kasus demam berdarah adalah karena perubahan cuaca yang mendukung nyamuk *Ae. aegypti* untuk berkembang lebih pesat dan juga kurangnya kebersihan masyarakat.² Hal ini juga diikuti oleh tingkat kepadatan penduduk Jakarta yang sangat padat sehingga memudahkan terjadinya penyebaran penyakit. Faktor utama lain adalah kurangnya pencegahan terhadap kejadian demam berdarah seperti gerakan 3M yang belakangan ini sudah semakin jarang dilakukan.

Oleh karena itu dibutuhkan alternatif untuk menekan populasi nyamuk *Aedes*. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan insektisida. Insektisida dapat berupa insektisida nabati ataupun sintetik. Penggunaan insektisida sintetik memang dapat secara cepat membasmi serangga namun memiliki efek samping terhadap manusia yang sering terpapar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Stamati dan kawan-kawan (2016) didapatkan bahwa penggunaan pestisida sintetik jangka panjang dapat menyebabkan berbagai keluhan kesehatan seperti kanker hingga kematian.³ Gejala yang ditimbulkan juga beragam dari iritasi pada kulit dan mata hingga rasa sesak pada dada. Oleh karena itu diperlukan insektisida nabati untuk menghindari efek samping karena penggunaan jangka lama.

Penggunaan tanaman herbal sebagai insektisida nabati sudah dilakukan sejak lama. Hal ini dikarenakan senyawa yang terkandung di dalam tanaman memiliki efek racun terhadap serangga. Karena berasal dari tanaman, maka penggunaan tanaman herbal sebagai insektisida nabati aman dapat diurai oleh lingkungan dan tidak berdampak negatif bagi lingkungan.⁴ Tanaman herbal sebagai insektisida nabati sering digunakan dalam bentuk minyak esensial, *coil* dan *mat* elektrik namun penggunaan tanaman herbal dalam bentuk *aerosol* masih jarang dilakukan. Penggunaan dalam bentuk *coil*/bakar merupakan yang paling sering digunakan oleh masyarakat dan memiliki efektivitas yang tinggi namun disamping itu penggunaan sediaan *coil* akan menyebabkan gangguan kesehatan pada pengguna karena hasil

pembakaran yang tersisa. Penggunaan insektisida dalam bentuk elektrik juga memiliki efektivitas yang tinggi karena dengan listrik terjadi pembakaran *mat* yang berisi metabolit sekunder yang dapat membunuh nyamuk namun walaupun menggunakan listrik tetap terjadi proses pembakaran yang menghasilkan zat yang menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Aerosol adalah salah satu bentuk insektisida yang cukup sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Insektisida dalam bentuk aerosol atau semprot ini dianggap sangat praktis dan mudah digunakan, selain itu insektisida ini lebih cepat dalam membasmi serangga dibandingkan dengan insektisida jenis lainnya.⁵ Hal ini dikarenakan zat aktif yang terdapat di aerosol atau semprot akan mengikat protein yang merusak sistem saraf nyamuk.⁵ Selain itu insektisida dengan sediaan aerosol tidak melalui proses pembakaran sehingga tidak terhasil zat yang dapat mengganggu kesehatan manusia sehingga lebih aman jika dibandingkan dengan sediaan *coil* dan *mat* elektrik.

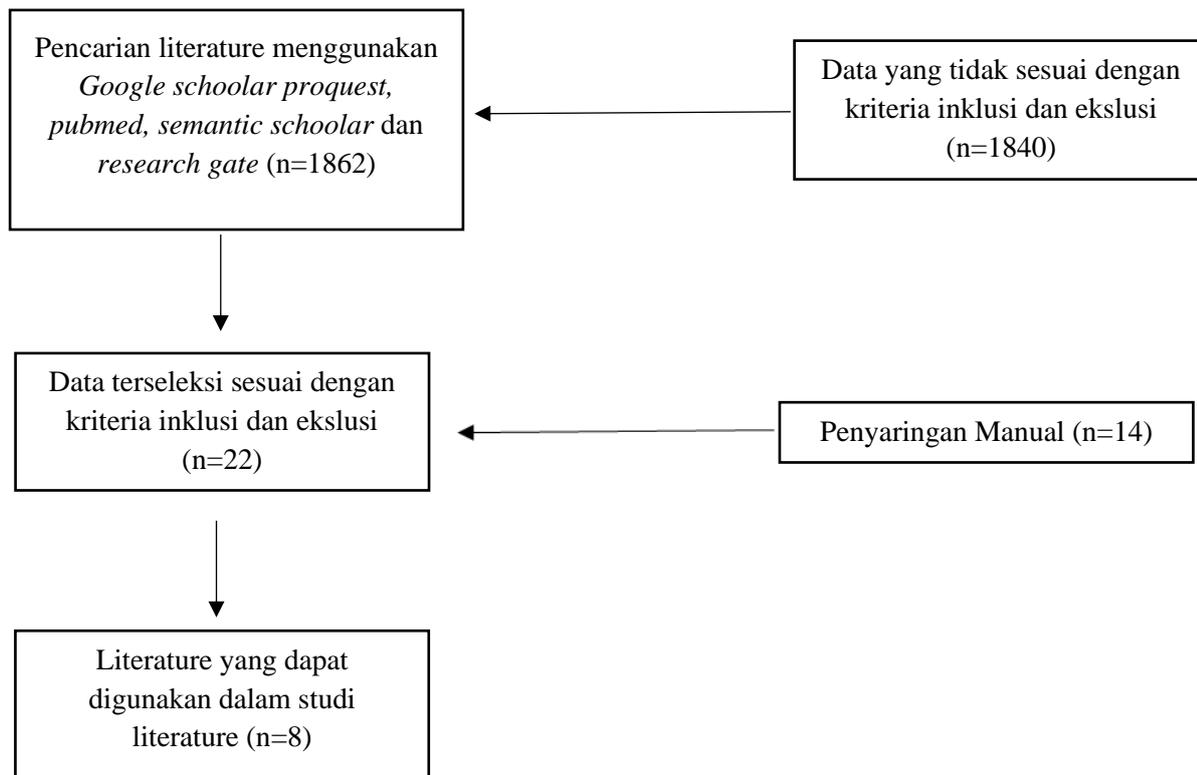
Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai jenis insektisida nabati dalam bentuk semprotan dan mencari efeknya terhadap tingkat kematian nyamuk dewasa *Aedes aegypti*.

Metodologi

Metode pembuatan tinjauan kepustakaan dengan pendekatan deskriptif berdasarkan dari kepustakaan berupa artikel penelitian yang memiliki tema penelitian yang sama. Pencarian artikel atau jurnal melalui *Google Scholar*, *Pubmed*, *Proquest*, *Semantic Scholar* dan *Research Gate*. Pencarian kepustakaan menggunakan *keyword* dan *Boolean operator* yaitu “Herbal Aerosol *Aedes aegypti*” OR “Herbal Spray *Aedes aegypti*” OR “Plant Based Aerosol *Aedes aegypti*” OR “Plant Spray *Aedes aegypti*” OR “Essential Oil Spray Aerosol *Aedes aegypti*” OR “Bioinsecticide Spray Aerosol *Aedes aegypti*”.

Terdapat 22 artikel yang diperoleh dan 8 artikel yang akan dimasukkan pada kajian literatur berdasarkan kriteria inklusi (berdasarkan kata kunci, dipublikasi dalam kurun waktu 2010-2020, tema pembahasan yang sesuai dengan judul *literature review*) dan eksklusi (jurnal yang hanya pratinjau, metode penelitian yang tidak dijelaskan). Selanjutnya data yang didapatkan dilakukan sintesis berdasarkan penulis yang menulis artikel, tahun publikasi, judul jurnal dan artikel ilmiah, metode penelitian maupun subjek penelitian dan

hasil akhir penelitian dan ekstraksi dalam bentuk uraian (Gambar 1).



Gambar 1. Flow Chart Seleksi Sumber dan Penilaian Kualitas

Hasil Kajian

Sebanyak 8 literature yang memenuhi kriteria inklusi dan digunakan dalam studi literature ini, yang ditunjukkan dalam tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Insektisida Nabati dalam Bentuk Aerosol terhadap Mortalitas *Ae.aegypti*

Nama Peneliti	Jenis Insektisida	Family	Hasil
Mukandikwa <i>et al.</i> (2016) ⁶	<i>Clausena anisata</i> spray	Rutaceae	Efektivitas <i>C. anisata</i> spray yang dinilai menggunakan EC ₅₀ adalah 70,860 ppm selama 15 menit dan 60,260 ppm selama 24 jam dengan pelarut <i>hexane</i> .
Lucia <i>et al.</i> (2010) ⁷	<i>Eucalyptus viminalis</i> vapor	Myrtaceae	<i>E. viminalis</i> merupakan jenis insektisida nabati dengan KT ₅₀ terendah yaitu 4,19 menit.
Bakar <i>et al.</i> (2012) ⁸	<i>Melaleuca cajuputi</i> spray	Myrtaceae	Spray <i>M. cajuputi</i> memiliki efek mortalitas nyamuk <i>Ae. Aegypti</i> dengan KT ₅₀ 311 menit dan KT ₉₀ 740 menit. ⁵⁶

Aini <i>et al.</i> (2016) ⁹	<i>Ocimum sanctum spray</i>	Lamiaceae	<i>Spray</i> dari <i>O. sanctum</i> memiliki efek mortalitas nyamuk <i>Ae. aegypti</i> . ⁵⁷ dengan hasil LC ₅₀ 74,131 ppm dan LC ₉₀ 775,711 ppm.
Misni <i>et al.</i> (2011) ¹⁰	<i>Piper aduncum spray</i>	Piperaceae	Ekstrak tanaman <i>P. aduncum spray</i> konsentrasi 8% dan 10% memiliki KT ₅₀ selama 4,5 menit dan KT ₉₀ 162,3 menit.
Jiwintarum <i>et al.</i> (2019) ¹¹	<i>Solanum melongena spray</i>	Solanaceae	Nilai LC ₅₀ 49,124 % (490,124 ppm) dan LC ₉₀ 81,343% (810,343 ppm)
Octaviana <i>et al.</i> (2020) ¹²	<i>Lansium domesticum spray</i>	Meliaceae	Nilai LC ₅₀ 35,97% (350,970 ppm).
Fiyanza <i>et al.</i> (2017) ¹³	<i>Nicotiana tabacum spray</i>	Solanaceae	Nilai LC ₅₀ 13,627% (130,627 ppm) dan LC ₉₀ 76,996% (760,996 ppm).

Pembahasan

Lethal concentration merupakan salah satu indikator dalam pengujian toksisitas dalam menentukan seberapa beracunnya suatu zat terhadap suatu organisme. Semakin kecil nilai *lethal concentration* semakin beracun pula zat tersebut terhadap suatu organisme.¹⁴ LC₅₀ berarti konsentrasi zat yang dibutuhkan untuk membunuh 50% populasi dari organisme yang diuji sedangkan LC₉₀ adalah konsentrasi yang dibutuhkan untuk membunuh 90% populasi dari organisme yang diuji. *Lethal concentration* ini memiliki nilai batas ambang atas dan bawah yang biasanya didapat dari uji probit dan disajikan dalam bentuk grafik.¹⁵ Untuk menentukan *lethal concentration* suatu penelitian termasuk ke dalam kategori aktif atau lemah dapat diamati dari nilai LC₅₀ yang didapat dimana jika LC₅₀ < 50 ppm maka dapat dikategorikan sangat aktif, LC₅₀ sebesar 50-100 ppm dapat dikategorikan aktif dan LC₅₀ diatas 100 ppm dapat dikategorikan lemah.¹⁶ keempat penelitian tersebut yang memiliki nilai LC₅₀ terendah adalah penelitian dengan *N. tabacum* dengan nilai LC₅₀ sebesar 13,627% dan LC₉₀ sebesar 76,996% yang jika diubah dalam bentuk ppm menjadi 130.000 ppm dan 760.000 ppm yang berarti dikategorikan sangat lemah.

Knockdown time merupakan salah satu indikator pengujian toksisitas dalam menentukan seberapa beracunnya suatu zat.

Knockdown time ini dapat juga diartikan sebagai waktu yang diperlukan untuk melumpuhkan organisme yang dicobai dengan satuan menit.¹⁴ KT₅₀ dapat diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh suatu zat untuk melumpuhkan 50% dari populasi organisme yang diuji sedangkan KT₉₀ artinya waktu yang dibutuhkan oleh suatu zat untuk melumpuhkan 90% dari populasi organisme yang diuji. Semakin kecil nilai knockdown time maka semakin efektif pula zat yang digunakan.¹⁴ Dari penelitian yang digunakan terdapat 3 penelitian yang menggunakan KT₅₀ dan KT₉₀ sebagai indikator toksisitas zat yang diuji. Dari ketiganya yang memiliki nilai KT₅₀ yang paling rendah adalah pada penelitian tentang *E.viminalis* dimana didapatkan hasil KT₅₀ selama 4,19 menit sedangkan untuk KT₉₀ yang terendah adalah pada penelitian *P. aduncum spray* yang memiliki KT₉₀ selama 162,3 menit.

Terdapat 6 jenis famili tanaman yang digunakan dalam penelitian ini dimana keenamnya yaitu *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Meliceae*, *Piperceae* dan *Rutaceae* merupakan famili yang memang sudah terkenal efektivitasnya sebagai insektisida.¹⁷ Famili *Solanaceae* juga sudah cukup sering digunakan sebagai insektisida nabati karena aktivitas alkaloid dalam tanaman tersebut.¹⁸

Konsentrasi efektif merupakan salah satu indikator yang digunakan dalam menentukan toksisitas suatu obat terhadap suatu organisme.¹⁹ Satuan yang digunakan dalam penyampaian data EC₅₀ adalah 1 mg/mL atau setara 1000 ppm. EC₅₀ dapat diartikan juga sebagai konsentrasi dimana terjadi kematian terhadap 50% dari populasi. Pada penelitian yang digunakan terdapat 1 jurnal yang menggunakan EC₅₀ sebagai indikator toksisitas insektisida nabati aerosolnya dimana didapatkan hasil EC₅₀ dengan waktu 15 menit adalah 7,89% dan dengan waktu 24 jam sebesar 6,26% yang jika diubah dalam satuan ppm menjadi 70.000 ppm dan 60.000 ppm.⁶

Kandungan *monoterpenoid* dan *sesquiterpenoid* pada daun *E. viminalis* menyebabkan sifat racun *E. viminalis* terhadap *Ae. aegypti* dimana ditemukan 14,97% *sesquiterpenoid* dan 83,037% *monoterpenoid* pada minyak esensial daun *E. Viminalis*²⁰, sedangkan pada minyak esensial dari daun *M. cajuputi* ditemukan 60,3 % *monoterpenoid* dan 3,43% *sesquiterpenoid*.²¹ *Monoterpenoid* dan *sesquiterpenoid* dalam jumlah besar juga ditemukan pada minyak esensial dari ekstrak daun *P. aduncum* yaitu sebesar 50,3 % *monoterpenoid* dan 29,2% *sesquiterpenoid*.²² Pada penelitian dengan daun *O. sanctum* ditemukan kandungan flavonoid sebanyak 1,91% dan alkaloid sebanyak 0,94%.²³ Pada penelitian menggunakan buah *S. melongena* terkandung flavonoid sebanyak 29% sedangkan kandungan alkaloid, tannin dan saponin pada *S melongena* sangatlah rendah.¹¹ pada penelitian dengan daun *C. anisata* ditemukan kandungan *monoterpene* sebanyak 61,1% dan *sesquiterpene* sebanyak 12,7%.²⁴

Pelarut yang digunakan dalam penelitian cukup bervariasi. Adapun jenis pelarut yang digunakan seperti *Hexane*, etil asetat, benzena, kloroform dan metanol, dimana yang paling efektif dari pelarut-pelarut tersebut adalah *Hexane*.²⁴ Hal ini disebabkan sifat *hexane* yang tidak polar dan sangat reaktif yang menyebabkan zat-zat dari tanaman mudah keluar dan terkekstrak jika menggunakan pelarut *hexane*.²⁵ Dari penelitian *literature review* yang dilakukan terdapat 3 penelitian yang menggunakan *hexane* sebagai bahan pelarut dalam ekstrak tanamannya yang menjadi kelebihan dari jurnal tersebut sedangkan 5 penelitian lainnya menggunakan pelarut etanol dalam ekstrak tanamannya yang menjadi kekurangan dari jurnal tersebut.

Arm in cage adalah standarisasi dalam penelitian tingkat efektivitas suatu bahan terhadap kematian serangga. *Arm in cage* dapat dipengaruhi oleh banyak hal salah satunya adalah ukuran sangkar, dimana sangkar yang baik adalah sangkar yang berukuran 30x30x30 hingga 45x45x45.¹⁵ Pada jurnal yang digunakan sebagai data terdapat 3 penelitian yang menggunakan sangkar yang baik sehingga menjadi kelebihan jurnal tersebut. Terdapat 4 penelitian yang tidak mencantumkan ukuran kandang yang digunakan dalam penelitian sehingga menjadi kekurangan yang ada pada jurnal tersebut.

Insektisida nabati dalam bentuk aerosol, mat elektrik dan *coil* sangat efektif pada nyamuk dewasa, hal ini disebabkan gas yang berasal dari insektisida nabati akan masuk melalui trakea pada *Ae. aegypti* dewasa dan akan menembus kutikula serta organ sensoris lainnya yang akan membunuh *Ae. aegypti* dewasa.²⁶ Dari ketiga sediaan tersebut yang paling efektif dan aman digunakan adalah bentuk aerosol. Aerosol menjadi pilihan paling aman dari sediaan lainnya karena tidak melalui proses pembakaran. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Aryani dan kawan-kawan pada tahun 2012 tentang efek obat nyamuk elektrik terhadap mencit didapatkan bahwa gas polutan hasil pembakaran pada obat nyamuk bakar dan elektrik terdiri dari CO₂, CO, NO, NO₂ dan NH₃ dimana gas CO₂ merupakan gas dengan persentase tertinggi dibandingkan dengan gas lainnya.²⁷ Sehingga menjadikan aerosol menjadi bentuk yang paling aman dan efektif dalam membasmi nyamuk dewasa *Ae. aegypti*.

Berdasarkan hasil kajian dari literatur mengenai penggunaan ekstrak tanaman sebagai insektisida aerosol terhadap kematian nyamuk *Ae. aegypti*, walaupun sama-sama berbentuk aerosol, tetap terdapat beberapa perbedaan yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, konsentrasi ekstrak, faktor bahan, indikator penelitian serta ukuran kandang yang digunakan. Besar kandang yang digunakan bervariasi di tiap penelitian, selain itu perbedaan besar kandang juga mempengaruhi kepadatan nyamuk dalam kandang. Cara perawatan nyamuk, besar nyamuk, usia nyamuk yang digunakan dalam tiap penelitian juga bervariasi dan hal ini juga merupakan kendala dalam membandingkan penelitian.

Dari beberapa penelitian, penyampaian data tidak disampaikan dalam bentuk tabel,

namun dalam bentuk grafik hal ini menyebabkan peneliti harus mengekstrak data numerik dari pembahasan yang dapat menyebabkan kesalahan intrepertasi data disamping kekurangannya terdapat juga kelebihan dari penelitian-penelitian tersebut seperti pembahasan yang berkaitan dengan masalah, pembahasan yang mudah dimengerti dan menggunakan daftar pustaka terbaru yang dipublikasikan dalam jangka waktu 10 tahun terakhir.

Simpulan

Terdapat banyak indikator dalam menentukan toksisitas suatu ekstrak tanaman terhadap nyamuk *Ae aegypti* seperti nilai LC₅₀, EC₅₀ dan KT₅₀. Nilai tersebut dapat menentukan seberapa efektifnya suatu tanaman sebagai insektisida dimana semakin kecil nilainya maka semakin efektif juga insektisida tersebut. Insektisida dalam bentuk aerosol lebih baik dibandingkan dengan bentuk lainnya karena dalam bentuk aerosol sangat sesuai dengan sistem pernapasan *Ae. aegypti* dewasa serta tidak menghasilkan residu pembakaran yang membahayakan kesehatan pengguna. Penggunaan ekstrak tanaman yang efektif ini dapat menjadi sebuah bentuk alternatif baru dalam mencegah penularan demam berdarah dengue yang lebih aman bagi pengguna dan lingkungan. Family dari tanaman juga berpengaruh terhadap efektivitasnya sebagai insektisida hal ini dikarenakan terdapat beberapa family tanaman yang memang kerap digunakan sebagai insektisida. Ukuran kandang serta pelarut yang digunakan juga berpengaruh besar terhadap hasil dari setiap penelitian. Terdapat berbagai kekurangan maupun keuntungan dari setiap penelitian dikarenakan terdapat perbedaan pada setiap penelitian sehingga diperlukan penelitian lanjutan yang lebih homogen dari berbagai faktor untuk mendapatkan hasil yang lebih terpercaya.

Daftar Pustaka

1. Chusniasih D, Tutik. The mosquito repellent potential of cocoa peel gel extract (*Theobroma cacao L.*) againts *Aedes aegypti L.* Jurnal Analisis Farmasi. 2019;4(2):84-90.
2. Kemenkes RI. Demam berdarah dengue Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2020.

3. Stamati PN, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens L. Chemical pesticides and human health: the urgent need for new concept in agriculture. Front Public Health. 2016;4(148):1-4.
4. Howard A. Bell, Andrew G. Cuthbertson, Neil A. The potential use of allicin as a biopesticide for the control of the house fly, *Musca domestica L.*, International Journal of Pest Management. 2015;62(2):111-8.
5. Quraisyiyah S, Yuana F, Widodo CS. Pengukuran konsentrasi partikel dan uji bioefikasi beberapa insektisida *one push aerosol* terhadap nyamuk *Aedes aegypti* betina. Malang: Fakultas MIPA Universitas Brawijaya; 2014.
6. Mukandikwa L, Eloff JN, Naidoo F. Repellent and mosquitocidal effects of leaf extracts of *Clausena anisata* against the *Aedes aegypti* mosquito. Environ Sci Pollut Res. 2016;23:11257-66.
7. Lucia A, Licastro S, Zerba E, Audino PG, Masuh H. Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: Culicidae) to the vapor of *Eucalyptus* essential oils. Bioresource Technology. 2010;100(23):6083-7.
8. Bakar AA, Sulaiman S, Omar B, et al. Evaluation of *Melaleuca cajuputi* (Family: Myrtaceae) essential oil in aerosol spray cans against dengue vectors in low cost housing flats. Journal Arthropod-Borne Disease. 2012;6(1):28-35.
9. Aini R, Widiastuti R, Nadhifa NA. Uji efektivitas formula spray dari minyak atisiri herba kemangi (*Ocimum Sanctum L*) sebagai repellent nyamuk *Aedes aegypti*. Jurnal Ilmiah Manuntung. 2016; 2(2):189-97.
10. Misni N, Othman H, Sulaiman S. The effect of *Piper aduncum Linn.* (Family: Piperaceae) essential oil as aerosol spray against *Aedes aegypti (L.)* and *Aedes albopictus* Skuse. Tropical Biomedice. 2011;28(2):249-58.
11. Jiwintarum Y, Tatontos EY, Noviana A, et al. Natural Insecticide Spray for *Aedes sp.*, Made from Ethanol Extract of Purple Eggplant Fruit (*Solanum melongena L.*). Medico-legal Update. 2019;19(1):216-20.
12. Octaviana D, Nurlaela S, Anandari D, et al. *Lansium domesticum corr.* leaf extract spary as bioinsectide for *Aedes aegypti* mosquito control. International Journal of Public Health and Clinical Sciences. 2020;7(2):51-9.

13. Fianza FF, Cahyati WH, Budiono I, et al. Efek *spray* limbah tembakau (*Nicotiana tabacum L.*) terhadap kematian nyamuk *Aedes aegypti*. *VisiKes Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2017;16(2):112-9.
14. Firyanto R, Mulyaningsih MFS. Ekstraksi kopi robusta menggunakan pelarut heksana dan etanol. *Fakultas Teknik Kimia Universitas Pembangunan Veteran Nasional Yogyakarta* 2020;11(2):1-8.
15. Lupi E, Hatz C, Schlagenhaut P. The efficacy of repellents against *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* and *Ixodes* spp.- A literature review. *Travel medicine and infectious disease*. 2013;11(6):374-411.
16. Silverio MRS, Espindola LS, Lopes NP, Viera PC. plant natural products for the control of *Aedes aegypti*: The main vector of important arboviruses. *Molecules*. 2020;25(15):3484.
17. Dias CN, Moraes DFC. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti L.* (Diptera: Culicidae) larvicides: review. *Parasitol Res*. 2013;113:565-92.
18. Chowansky S, Adamski Z, Marciniak P, Rosinski G, Büyükgüzel E, Büyükgüzel K, et al. Review of bioinsecticidal activity of *Solanaceae* alkaloids. *Toxins (Basel)*. 2016;8(3):60.
19. Sebaugh JL. Guidelines for accurate EC50/IC50 estimation. *Pharmaceutical Statistics*. 2011; 10(2):128–34.
20. Maghsoodlou MT, Kazemipoor N, Valizadeh J, et al. Essential oil composition of *Eucalyptus microtheca* and *Eucalyptus viminalis*. *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2015;5(6):540-52.
21. Sutrisno, Retnosari R, Asmaningrum HP. Profile of The Indonesian essential oil from *Melaleuca cajuputi*. *Atlantis Press Advances in Engineering Research*. 2018;171:14-9.
22. Monzote L, Scull R, Cos P, Setzer WN. Essential Oil from *Piper aduncum*: Chemical analysis, antimicrobial assessment, and literature review. *Medicines*. 2017;49(4):1-14.
23. Borah R, Biswas SP. Tulsi (*Ocimum sanctum*), excellent source of phytochemicals. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2018;3(5):1732-8.
24. Govindarajan M. Chemical composition and larvicidal activity of leaf essential oil from *Clausena anisata* (Willd.) Hook. f. ex Benth (Rutaceae) against three mosquito species. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2010;874-7.
25. Govindarajan M, Sivakumar R. Adulticidal and repellent properties of indigenous plant extracts against *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res*. 2012; 110:1607-20.
26. Safitri IA, Cahyati WH. Daya bunuh ekstrak daun mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*) dalam bentuk anti nyamuk cair elektrik terhadap kematian nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Care*. 2018;6(1):1-14.
27. Ariani R, Kurniati R, Rahmawati S. Pengaruh pemakaian obat nyamuk elektrik berbahan aktif d-allethrin terhadap sel darah tikus *Spargue Dawley (mus musculus L.)*. *Jurusan Biologi FMIPA Universitas Mulawarman* 2012; 1-3.