

ARTIKEL PENELITIAN

**BIOINSEKTISIDA TERHADAP NYAMUK *Aedes aegypti*
BERBAHAN DASAR EKSTRAK ETANOL DAUN SERAI
(*Cymbopogon citratus*)**

*BIOINSECTICIDE AGAINST Aedes aegypti MOSQUITOES
DERIVED FROM LEMONGRASS (Cymbopogon citratus) LEAVES
ETHANOL EXTRACT*

Jennifer Wiranatha¹, Robby Makimian², Rita Dewi^{3,*}

¹ Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unika Atma Jaya, Jl. Pluit Raya no. 2, Jakarta, 14440

² Departemen Parasitologi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unika Atma Jaya, Jl. Pluit Raya no. 2, Jakarta, 14440

³ Departemen Biokimia-Kimia, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unika Atma Jaya, Jl. Pluit Raya no. 2, Jakarta, 14440

* **Korespondensi:** rita.dewi@atmajaya.ac.id

ABSTRACT

Introduction: Dengue hemorrhagic fever is one of the most common infectious diseases in Indonesia. The vector of this disease is *Aedes aegypti* (*Ae. aegypti*). Dengue hemorrhagic fever can be controlled by a few measures, one of them is using insecticide. However, frequent use of chemical insecticide could lead to resistance and is harmful to non-target organisms. One of the solutions for this problem is the use of bioinsecticide derived from lemongrass (*Cymbopogon citratus* or *C. citratus*) leaves extract.

Methods: The design of this study is true experimental post-test only control group. The population used are adult *Ae. aegypti* mosquitoes. For each experiment, 10 mosquitoes are required and given the extract of *C. citratus* in 2%, 10%, and 20% concentrations, and negative control respectively. The lethal effect of the extract is observed in 10, 30, 60 minutes and 6, 12, 18, 24 hours.

Results: There is a significant difference in the lethal effect of *Ae. aegypti* mosquitoes with variations in duration of exposure to the *C. citratus* leaves extract ($p = 0.007$), but no significant difference with variations in extract concentration given ($p = 0.281$).

Conclusion: *C. citratus* leaves extract has bioinsecticidal effect on *Ae. aegypti* mosquitoes. The optimal result of mosquito mortality is achieved by using the extract in 20% concentration with duration of 12 hours.

Key Words: *Aedes aegypti*, bioinsecticide, *Cymbopogon citratus*, extract, lemongrass

ABSTRAK

Pendahuluan: Demam berdarah dengue merupakan salah satu penyakit yang cukup lazim di Indonesia. Vektor dari penyakit ini adalah *Aedes aegypti* (*Ae. Aegypti*). Demam berdarah dengue dapat dikontrol dengan penggunaan insektisida, akan tetapi penggunaan insektisida kimiawi yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi serta memiliki efek toksik bagi organisme yang bukan merupakan target (non-target). Oleh karena itu, penggunaan bioinsektisida dari daun serai (*Cymbopogon citratus* atau *C. citratus*) dapat menjadi salah satu solusinya.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian dengan desain *true experimental post test only control group*. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah nyamuk dewasa *Ae aegypti*. Pada setiap uji digunakan 10 ekor nyamuk yang diberikan ekstrak *C. citratus* dengan konsentrasi 2%, 10%, 20%, serta kontrol negatif. Efek letal nyamuk diamati dalam waktu 10, 30, 60 menit dan 6, 12, 18, 24 jam.

Hasil: Terdapat perbedaan signifikan ($p = 0,007$) dalam efek letal nyamuk *Ae. Aegypti* pada berbagai durasi pajanan ekstrak daun *C. citratus*, akan tetapi tidak terdapat perbedaan signifikan ($p = 0,281$) pada paparan ekstrak daun *C. Citratus* dengan konsentrasi yang bervariasi.

Simpulan: Ekstrak daun *C. citratus* memiliki efek bioinsektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Efek mortalitas nyamuk terbaik sebesar 100% diperoleh dalam waktu 12 jam dengan pemberian ekstrak dalam konsentrasi 20%.

Kata Kunci: *Aedes aegypti*, bioinsektisida, *Cymbopogon citratus*, ekstrak, serai

PENDAHULUAN

Demam berdarah dengue disebabkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* (*Ae. aegypti*), yang merupakan nyamuk dari famili culicidae.¹ Penyebaran nyamuk ini terjadi secara global, baik di area tropis maupun subtropis. *Ae. aegypti* terutama tersebar di area urban, sedangkan *Ae. albopictus* di area rural.² Nyamuk *Ae. aegypti* berkembang dari fase telur, larva, pupa, hingga menjadi nyamuk dewasa. Proses ini berlangsung selama kurang lebih 8-10 hari pada suhu ruangan dan bergantung kepada ketersediaan makanan.³ Nyamuk dewasa *Ae. aegypti*, baik jantan maupun betina, mengkonsumsi nektar dari tanaman sebagai sumber makanannya. Akan tetapi, nyamuk betina membutuhkan darah untuk menghasilkan telur. Nyamuk betina pada umumnya menghisap darah manusia dari pagi hingga petang, dengan puncaknya setelah matahari terbit dan sebelum matahari terbenam, tetapi dapat juga menghisap darah pada malam hari di daerah dengan penerangan yang baik. Tempat hidupnya antara lain berupa semak-semak atau rerumputan yang terdapat di halaman rumah, wadah berisi air seperti penampungan air, dan penampungan air bawah tanah.⁴

Angka kejadian infeksi virus dengue meningkat secara drastis di seluruh dunia pada beberapa dekade terakhir.⁵ Insidensinya meningkat sebanyak 30 kali lipat dalam kurun waktu 50 tahun terakhir. Hal ini diduga berkaitan dengan perubahan iklim dunia yang cenderung mengalami peningkatan suhu.⁶ Virus dengue merupakan virus dengan beban penyakit terbesar di antara arbovirus lainnya,

dengan perkiraan 10.000 kematian dan 100 juta infeksi simptomatik per tahun di lebih dari 125 negara.⁷ Data Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menunjukkan bahwa pada tahun 2015 terdapat kasus demam berdarah dengue di 34 provinsi di Indonesia dan insidensinya di DKI Jakarta adalah sebesar 48,67 per 100.000 penduduk.⁸

Hal yang dapat dilakukan untuk mengontrol transmisi virus dengue adalah melalui kontrol terhadap vektor penyebabnya, salah satunya adalah dengan cara menyemprotkan insektisida.⁵ Penggunaan insektisida kimiawi yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi nyamuk terhadap insektisida tersebut.⁹ Selain itu, insektisida kimiawi juga diketahui mengandung komponen beracun yang berbahaya bagi manusia dan organisme yang bukan merupakan target.⁹ Oleh karena itu, di masa yang akan datang bioinsektisida memiliki potensi sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan relatif lebih aman digunakan bagi manusia dan lingkungan.¹⁰

Salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan dasar bioinsektisida adalah *Cymbopogon citratus* (*C. citratus*). Tanaman ini merupakan tanaman dari famili poaceae, yang biasanya hidup di daerah tropis dan habitat aslinya adalah terestrial.^{11,12} Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di daerah yang banyak terkena sinar matahari, hangat, dan lembab.¹² *C. citratus* merupakan tanaman perennial (dapat hidup dalam jangka waktu yang panjang) dan dapat tumbuh tinggi hingga mencapai 1,8 meter. Daun tanaman ini berwarna hijau kebiruan terang dan permu-

kaannya halus.¹³ *Pseudostem*-nya berwarna kuning kecoklatan atau kemerahan.¹⁴

Beberapa penelitian pernah dilakukan untuk mengetahui kemampuan ekstrak *C. citratus* sebagai larvasida maupun insektisida. Penelitian Bossou, *et al.* pada tahun 2013 menunjukkan bahwa minyak atsiri daun *C. citratus* memiliki daya insektisida terhadap nyamuk *Anopheles gambiae* dengan efek letal sebesar 100% pada pemberian ekstrak dalam konsentrasi 0.5%.¹⁵ Selain itu, Eklesiobi, *et al.* pada tahun 2010 pernah melakukan penelitian serupa dan hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun *C. citratus* memiliki daya larvasida terhadap larva instar 3 dan 4 *Culex quinquesfasciatus*. Dalam waktu 24 jam, sebanyak 100% dari sampel mengalami efek letal dengan pemberian ekstrak tersebut dalam konsentrasi 300 mg/L.¹⁶ Meskipun efektivitas dari ekstrak ini sudah pernah diamati dalam penelitian terdahulu, penelitian ini lebih menekankan penggunaan ekstrak dengan metode yang berbeda yaitu penguapan.

Selain bermanfaat karena daya larvasida dan insektisidanya, tanaman ini juga bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari sebagai bumbu dapur dan minyak atsirinya dapat digunakan untuk pewangi.¹⁴ Ekstrak *C. citratus* juga memiliki banyak manfaat biologis seperti efek anti inflamasi, antioksidan, antifungal, dan antibakterial.¹⁷

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas daya bioinsektisida ekstrak *C. citratus* terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk melihat adanya perbedaan antara efek letal

yang dihasilkan tiap waktu pajanan dan konsentrasi pajanan ekstrak *C. citratus* terhadap nyamuk *Ae. aegypti*.

METODE

Desain penelitian ini adalah *true experimental-post-test only control group*. Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah nyamuk *Ae. aegypti* yang dikembangbiakkan di Laboratorium Bersama Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya. Sampel yang digunakan adalah sebanyak 10 ekor nyamuk *Ae. aegypti* untuk setiap uji, dengan total 70 ekor. Daun *C. citratus* diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Obat dan Rempah (Balitro) Bogor dalam bentuk daun yang telah dikeringkan dan disertifikasi oleh Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI untuk mengetahui kesesuaian spesies tanaman yang digunakan. Sebanyak 700 gram serbuk dari daun *C. citratus* yang telah dikeringkan tersebut digunakan sebagai bahan untuk pembuatan ekstrak. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 2019 di Laboratorium Biokimia-Kimia dan Laboratorium Bersama Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta.

Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi. Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol 96%. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara merendam bubuk dari daun *C. citratus* yang telah dikeringkan di dalam labu Erlenmeyer berisi etanol. Setiap 24 jam dilakukan penyaringan, filtrat akan disimpan dan ke dalam residu

ditambahkan kembali etanol. Filtrat hasil penyaringan setiap harinya disimpan hingga hari ke-3, kemudian diproses dalam *rotary evaporator*. Hasil dari *rotary evaporator* disimpan dalam wadah kedap udara berisi *silica gel* dan diamati hingga mengental seperti gel. Ekstrak kemudian dibuat menjadi larutan dengan akuades dalam konsentrasi 2%, 10%, dan 20%.

Nyamuk dewasa *Ae. aegypti* dikembangkan oleh penulis dari fase telur hingga dewasa. Larva diberi makan dengan menggunakan pelet, sedangkan nyamuk dewasa diberikan larutan gula yang diteteskan pada kapas.

Uji efektivitas dilakukan dengan pertama-tama menguapkan sebanyak 100 mL akuades dengan penguap elektrik di dalam *glass chamber* berukuran 70 cm x 70 cm x 70 cm yang telah berisi 10 ekor nyamuk *Ae. aegypti*. Tindakan ini bertujuan sebagai kontrol negatif, yang dilakukan untuk mengetahui apakah ada faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi efek letal nyamuk yang akan diuji. Setelah itu, ekstrak diuapkan di dalam *glass chamber* dengan konsentrasi 2%, 10%, dan 20%. Angka kematian nyamuk diamati dan dihitung pada menit ke-10, 30, 60, dan jam ke-6, 12, 18, 24. Penelitian ini diulangi sebanyak satu kali untuk masing-masing konsentrasi.

Uji efek letal nyamuk *Ae. aegypti* terhadap waktu pajanan ekstrak daun *C. citratus* dilakukan dengan uji *repeated measures ANOVA* untuk menguji efek letal. Syarat dari uji tersebut adalah distribusi data yang normal, oleh karena itu dilakukan uji

normalitas data dengan uji Shapiro-Wilk. Hasilnya adalah distribusi data tidak normal, sehingga penulis menggunakan uji Friedman sebagai uji alternatif pengganti uji *repeated measures ANOVA*.

Efek mortalitas nyamuk dan hubungannya dengan perbedaan konsentrasi ekstrak yang diberikan pada nyamuk diuji dengan *one way ANOVA*. Syarat dari uji ini adalah distribusi data yang normal, oleh karena itu dilakukan uji normalitas data berupa uji Shapiro-Wilk. Hasil dari uji tersebut menyatakan bahwa data berdistribusi normal, sehingga digunakan uji *one way ANOVA*.

HASIL

Efek letal 100% ekstrak *C. citratus* pada nyamuk *Ae. aegypti* dicapai paling cepat dengan konsentrasi ekstrak sebesar 20% yaitu pada jam ke-12, sedangkan dengan konsentrasi ekstrak sebesar 10% diperlukan waktu 24 jam. Jumlah total kematian nyamuk yang diberikan ekstrak dengan konsentrasi 2% setelah 24 jam adalah 90%. Konsentrasi ekstrak yang dapat menimbulkan efek letal pada sebesar 50% dari sampel (LC_{50}) pada penelitian ini untuk konsentrasi 2%, 10%, dan 20% adalah 4,3% dalam waktu 24 jam.¹⁸ LC_{100} atau konsentrasi yang menyebabkan efek letal 100% pada *Ae. aegypti* adalah 10% dalam waktu 24 jam dan 20% dalam waktu 12 jam.¹⁸

Hasil di atas menunjukkan bahwa ekstrak daun *C. citratus* dapat bermanfaat sebagai bioinsektisida bagi nyamuk *Ae. aegypti*. Hasil uji Friedman menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada mortalitas nyamuk *Ae. aegypti* yang terpajan

ekstrak daun *C. citratus* dalam kurun waktu 10 menit, 30 menit, 60 menit, 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam, dengan nilai p sebesar 0,007 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pajanan ekstrak *C. citratus* terhadap nyamuk *Ae. aegypti*, semakin

banyak pula nyamuk yang mati. Sedangkan hasil analisis uji *one way* ANOVA untuk menguji efek mortalitas pada nyamuk yang terpajan ekstrak dalam berbagai konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai p sebesar 0,281 ($p > 0,05$).

Tabel 1. Persentase *Ae. aegypti* yang Mengalami Efek Letal

Konsentrasi	Waktu						
	10 menit	30 menit	60 menit	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
2%	0%	10%	30%	55%	65%	75%	90%
10%	0%	20%	35%	60%	70%	80%	100%
20%	15%	40%	70%	85%	100%	100%	100%
Kontrol negatif	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

DISKUSI

Uji Friedman yang menilai efek letal nyamuk *Ae. aegypti* terhadap waktu pajanan ekstrak daun *C. citratus* menghasilkan nilai p sebesar 0,007 ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan signifikan pada efek letal nyamuk *Ae. aegypti* yang terpajan ekstrak *C. citratus* dalam waktu 10 menit, 30 menit, 60 menit, 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam.

Hasil penelitian ini didukung oleh beberapa penelitian serupa yang pernah dilakukan oleh peneliti lain pada tahun-tahun sebelumnya. Siriporn Phasomkusolsil dan Mayura Soonwera sebelumnya telah melakukan penelitian serupa di Bangkok, Thailand pada tahun 2011. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa angka mortalitas sebesar 100% diperoleh pada pemberian ekstrak dengan konsentrasi 10%, dengan *knockdown time* (KT₅₀) kurang dari 1 menit.¹⁹

Zulfikar, Wiwit Aditama, dan Frans Yosep Sitepu juga pernah melakukan penelitian serupa di Banda Aceh pada tahun 2015.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata jumlah nyamuk yang mengalami efek letal setelah 5x pajanan ekstrak adalah 90%.²⁰

Selain itu, pada tahun 2018 di Lubuklinggau juga pernah dilakukan penelitian terhadap nyamuk dewasa oleh Dea Mutiara, Fitria Lestari dan Yuni Krisnawati. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa mortalitas 100% tidak hanya diperoleh dengan kontrol positif, tetapi juga dengan ekstrak *C. citratus* pada konsentrasi 80%. Peneliti juga menyatakan bahwa kematian nyamuk semakin meningkat dengan bertambahnya waktu pajanan antara nyamuk dengan sari pati daun *C. citratus* sehingga jumlah nyamuk yang mengalami efek letal dalam 24 jam semakin lama semakin meningkat.²¹

Penelitian oleh Yulianis, Dachriyanus, dan Agius Adya Putra di Jambi menggunakan populasi uji berupa nyamuk dewasa *Culex sp.* Mortalitas nyamuk 100% diperoleh dengan pemberian ekstrak dalam konsentrasi 10% dan 15% hanya dalam waktu 1 menit.²²

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian-penelitian tersebut adalah ekstrak *C. citratus* memiliki daya bioinsektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*, yang terbukti dari efek letal sebesar 90-100% walaupun dengan metode ekstraksi dan metode pemberian ekstrak yang berbeda-beda. Efektivitas bioinsektisida dari *C. citratus* ini disebabkan oleh kandungan zat aktifnya, seperti geranial dan neral yang memiliki efek insektisidal.²³ Geranial dan neral bersifat *anti-feedant* yang menghambat aktivitas makan dari nyamuk. Selain itu, terdapat kandungan terpenoid yang dapat melakukan penetrasi melalui kutikula sehingga membantu proses degradasinya.²⁴

Efek mortalitas nyamuk dan hubungannya dengan perbedaan konsentrasi ekstrak yang diberikan pada nyamuk diukur dengan *uji one way ANOVA*, yang hasilnya menunjukkan bahwa nilai p adalah sebesar 0,281 ($p > 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada efek letal nyamuk *Ae. aegypti* yang terpajan ekstrak *C. citratus* dalam konsentrasi 2%, 10%, dan 20%. Hal tersebut mungkin dapat terjadi karena zat aktif dari ekstrak *C. citratus* bekerja sebagai racun pernafasan pada nyamuk. Racun pernafasan ini dapat masuk ke tubuh nyamuk melalui trakea pada lubang kecil yang ada pada kerangka luar tubuh nyamuk yang disebut spirakel. Spirakel hanya akan terbuka jika nyamuk sedang terbang dan akan tertutup jika nyamuk sedang beristirahat.²⁵ Pada saat dilakukan penelitian, terdapat beberapa nyamuk yang sedang beristirahat di tepi *glass chamber*, sehingga ada kemungkinan bahwa zat aktif pada ekstrak tidak dapat masuk ke

trakea nyamuk dengan cepat. Hal ini menyebabkan kematian nyamuk menjadi tertunda.

Beberapa hal perlu menjadi perhatian dalam penelitian ini. Salah satu di antaranya adalah proses pembuatan ekstrak dengan metode maserasi memakan yang memakan waktu cukup lama dari proses perendaman daun hingga menjadi ekstrak berbentuk gel. Selain itu, pelarut yang digunakan dalam proses ini cukup banyak. Jumlah bahan dasar dalam hal ini daun *C. citratus* yang diperlukan untuk pembuatan ekstrak ini cukup banyak karena hasil akhir ekstrak yang berbentuk gel hanya sekitar 10% dari berat bahan dasar yang digunakan. Pada penelitian ini jumlah nyamuk yang digunakan untuk setiap uji hanya sebanyak 10 ekor dan jumlah pengulangan percobaan hanya satu kali karena keterbatasan jumlah ekstrak yang dihasilkan. Hal ini mungkin dapat memengaruhi hasil akhir dari penelitian.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa ekstrak *C. Citratus* pada konsentrasi 2%, 10%, dan 20% dapat memberikan efek letal sebagai bioinsektisida terhadap nyamuk *Ae. aegypti*. Efek letal paling optimal yaitu sebesar 100% (10 ekor) dicapai pada konsentrasi 20% dalam waktu 12 jam.

Pemanfaatan ekstrak *C. Citratus* sebagai bahan bioinsektisida cukup menjanjikan, tetapi masih membutuhkan data lebih banyak. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan metode ekstraksi lain yang dapat menghasilkan ekstrak dengan kandungan zat

aktif yang sama baiknya tetapi lebih efisien, menggunakan bahan dasar dan pelarut dalam jumlah yang lebih besar, menambah jumlah nyamuk yang digunakan dalam tiap uji dan melakukan pengulangan percobaan lebih dari satu kali.

DAFTAR PUSTAKA

1. Integrated Taxonomic Information System. *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) [Internet]. Integrated Taxonomic Information System on-line database; [cited 2019 Apr 20]. Available from: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=126240#null
2. Kraemer MU, Sinka ME, Duda KA, Mylne AQ, Shearer FM, Barker CM, et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *eLife* [Internet]. 2015 Jun [cited 2019 Apr 20];4:1–18.
3. Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Vector-Borne Diseases (DVBD). Life cycle of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* mosquitoes [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention. [cited 2019 Apr 20]. Available from: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycles/aedes.html>
4. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, Division of Vector Borne Diseases, Dengue Branch. Dengue and the *Aedes aegypti* mosquito [Internet]. 2015 [cited 2019 Apr 20]. Available from: https://health.hawaii.gov/docd/files/2015/11/CDC_aegypti_factsheet.pdf
5. World Health Organization. Dengue and severe dengue [Internet]. 2019 [cited 2019 Apr 20]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
6. Ebi KL, Nealon J. Dengue in a changing climate. *Environ Res* [Internet]. 2016 Nov [cited 2019 Apr 20];151:115–123.
7. Stanaway JD, Shepard DS, Undurraga EA, Halasa YA, Coffeng LE, Brady OJ, et al. The global burden of dengue: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* [Internet]. 2016 Jun [cited 2019 Apr 20];16(6):712–723.
8. Kementerian Kesehatan RI. Situasi DBD di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2016.
9. Hamid PH, Prastowo J, Ghiffari A, Taubert A, Hermosilla C. *Aedes aegypti* resistance development to commonly used insecticides in Jakarta, Indonesia. *PLoS One* [Internet]. 2017 Dec [cited 2019 Apr 20];12(12):1–11.
10. Ojewumi ME, Banjo MG, Oresegun MO. Analytical investigation of the extract of lemongrass leaves in repelling mosquito. *Int J Pharm Sci Res* [Internet]. 2016 Dec [cited 2019 Apr 20];8(5):2048–2055.
11. Integrated Taxonomic Information System. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf [Internet]. Integrated Taxonomic Information System on-line database; [cited 2019 Apr 20]. Available from: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=41613#null
12. Center for Agriculture and Bioscience International. *Cymbopogon citratus* (lemongrass) [Internet]. [cited 2019 Apr 20]. Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/17377>
13. Yeşil Y, Akalın E. Comparative morphological and anatomical characteristics of the species known as lemongrass (*limonotu*): *Melissa officinalis* L., *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. and *Aloysia citriodora* Palau. *İstanbul Ecz Fak Derg/J Fac Pharm Istanbul* [Internet]. 2015 Jan [cited 2019 Apr 20];45(1):29–37.
14. National Parks, Singapore Government. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf [Internet]. National Parks, Singapore Government [cited 2019 May 1]. Available from: <https://www.nparks.gov.sg/flora/faunaweb/flora/1/9/1918>
15. Bossou AD, Mangelinckx S, Yedomonhan H, Boko PM, Akogbeto MC, De Kimpe N, et al. Chemical composition and insecticidal activity of plant essential oils from Benin against *Anopheles gambiae* (Giles). *Parasites and Vectors* [Internet]. 2013 Dec [cited 2019 May 1];6(1):1–17.
16. Ekesiobi AO, Anene CC, Igbojika MC, Nwigwe HC, Emmy-Egbe IO, Orji NM. Evaluation of repellent and larvicidal activity of *Cymbopogon Citratus* (Lemongrass) against Filarial vector, *Culex Quinquefasciatus*. *African J Educ Sci Technol*

Bioinsektisida terhadap Nyamuk *Aedes Aegypti*
Berbahan Dasar Ekstrak Etanol Daun Serai (*Cymbopogon Citratus*)

- [Internet]. 2017 May [cited 2019 May 1];3(4):25–32.
17. Olorunnisola SK, Asiyandi HT, Hammed AM, Simsek S. Biological properties of lemongrass: An overview. *Int Food Res J* [Internet]. 2014 Feb [cited 2019 May 1];21(2):455–462.
 18. AAT Bioquest, Inc. Quest Graph™ LC50 Calculator [Internet]. AAT Bioquest, Inc; [cited 2020 Jan 23]. Available from: <https://www.aatbio.com/tools/lc50-calculator>
 19. Phasomkusolsil S, Soonwera M. Efficacy of herbal essential oils as insecticide against *Aedes Aegypti* (Linn.), *Culex Quinquefasciatus* (Say) and *Anopheles Dirus* (Peyton And Harrison). *Southeast Asian J Trop Med Public Heal* [Internet]. 2011 Sep [cited 2020 Jan 23];42(5):1083–1092.
 20. Aditama W, Yosep Sitepu F, Zulfikar. The effect of lemongrass (*Cymbopogon nardus*) extract as insecticide against *Aedes aegypti*. *Int J Mosq Res* [Internet]. 2019 Feb [cited 2020 Jan 23];6(1):101–103.
 21. Putri DM, Lestari F, Krisnawati Y. Pengaruh sari pati daun serai (*Cymbopogon citratus*) terhadap mortalitas nyamuk. *STKIP Lubuklinggau* [Internet]. 2018 Sep [cited 2020 Jan 23];1-8.
 22. Yulianis, Putra AA, Dachriyanus. Uji aktifitas antinyamuk minyak atsiri sereh dapur dalam bentuk semprot. *J Ipteks Terap* [Internet]. 2018 Mar [cited 2020 Jan 23];12(1):78–83.
 23. Hamad A, Nuritasari A, Hartanti D. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of lemongrass (*Cymbopogon citratus*). *Sch Res Libr* [Internet]. 2017 [cited 2020 Jan 23];9(5):109–116.
 24. Pinto ZT, Sánchez FF, Santos AR, Amaral ACF, Ferreira JLP, Escalona-Arranz JC, et al. Chemical composition and insecticidal activity of *Cymbopogon citratus* essential oil from Cuba and Brazil against housefly. *Rev Bras Parasitol Veterinária* [Internet]. 2015 Mar [cited 2020 Jan 23];24(1):36–44.
 25. Yudiarti T, Widiastuti E, Pratikno H. *Buku Ajar Biologi. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang; 2004.*