

Kerentanan larva *Aedes aegypti* di Jawa Timur terhadap *Temephos* komersial dengan dosis berbeda

Susceptibility of *Aedes aegypti* larvae in East Java towards commercial *Temephos* at different doses

Firas Khaleyla^{1*}, Etik Ainun Rohmah², Kris Cahyo Mulyatno²

¹⁾ Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

²⁾ Laboratorium Entomologi, Lembaga Penyakit Tropis, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

*Email: firaskhaleyla@unesa.ac.id

Diterima 24 Desember 2020

Disetujui 3 September 2021

INTISARI

Pengendalian populasi nyamuk *Ae. Aegypti* di Indonesia dilakukan sebagai upaya untuk menekan penularan virus dengue, salah satunya dengan penaburan larvasida *temephos*. Dosis operasional penggunaan *temephos* di Indonesia (1 mg/L) lebih tinggi dibandingkan dosis yang disarankan *World Health Organization* (WHO) (0,012 mg/L). Di Jawa Timur, terdapat *temephos* yang beredar komersial dengan perbedaan pada dosis penggunaan, yaitu 10 gram/100 L air (10 G) dan 8 gram/100 L air (8G). Penelitian ini dilakukan untuk memeriksa kerentanan populasi larva *Ae. aegypti* yang berasal dari Jember (JEM), Surabaya (SBY), dan koleksi Laboratorium Entomologi Universitas Airlangga (LAB) terhadap *temephos* 10G dan 8G pada dosis pemakaian tinggi (1 mg/L) hingga rendah (0,015625 mg/L). Uji mortalitas pada larva dilakukan sesuai dengan ketentuan WHO dengan replikasi 4 kali. Data dianalisis secara statistik. Hasil menunjukkan bahwa ketiga kelompok larva *Ae. aegypti* mengalami >90% mortalitas dengan penambahan *temephos* pada dosis rendah (0,015625 mg/L) pada ambang waktu 240 menit, baik untuk *temephos* 10 G maupun 8 G. Perbedaan respon mortalitas yang signifikan antara dosis tertinggi (1 mg/L) dan dosi rendah (0,015625 mg/L) ditemukan pada kelompok JEM pada dosis 8 G dan 10 G serta LAB pada dosis 8 G. Kelompok JEM dan SBY memiliki rasio resistensi 95 (RR₉₅) *temephos* dengan kategori rendah (<5) dibandingkan dengan kelompok LAB. Semua kelompok masih memiliki kerentanan pada *temephos* komersial pada dosis rendah (0,015625 mg/L). Dari hasil penelitian ini, kami menyarankan untuk menurunkan dosis operasional larvasida *temephos* yang digunakan untuk pengendalian populasi larva *Ae. aegypti* di Jawa Timur.

Kata kunci: *Aedes aegypti*, larvasida, *temephos*, Surabaya, Jember

ABSTRACT

Control of *Ae. Aegypti* population is performed as an effort to suppress the transmission of dengue virus, one of the methods is sprinkling of *temephos* larvicide. Operational dose of *temephos* used in Indonesia (1 mg/L) is higher from recommended dose of WHO (0.012 mg/L). In East Java, commercial *temephos* are found to have different application doses of 8 g/L (8G) and 10 g/L (10 G). This study was designed to know the susceptibility of *Ae. aegypti* population from Jember (JEM), Surabaya (SBY), and Entomology Laboratory of Universitas Airlangga collection (LAB) towards *temephos* 8G and 10G starting at high (1 mg/L) to low concentrations (0.015625 mg/L). Larvae mortality test was performed based on WHO standard method with 4 times replication. Data was analyzed statistically. Results showed that the three groups of

Ae. aegypti larvae had mortality level at >90% in the lowest concentration applied (0.015625 mg/L) at time threshold of 240 minutes, for both temephos 8 G and 10 G. Significant difference of larvae mortality towards highest (1 mg/L) and lowest dose (0.015625 mg/L) was found in JEM, at both 8 G and 10 G doses, and LAB at 8 G dose. JEM and SBY groups were found to have resistance ratio 95 (RR₉₅) to temephos at low category (<5) compared to LAB. All groups still retained susceptibility towards commercial *temephos* larvicide at low dose (0.015625 mg/L). Based on results, we recommended lowering the operational dose of larvicide *temephos* used for population control of *Ae. aegypti* vector population in East Java.

Keywords: *Aedes aegypti*, larvicide, temephos, Surabaya, Jember

PENDAHULUAN

Nyamuk *Aedes aegypti* telah lama dikenal sebagai vektor yang berperan menyebarkan berbagai macam virus yang menyebabkan penyakit pada manusia, misalnya virus dengue, chikungunya, yellow fever, serta Zika (Ding et al., 2018). Persebaran *Ae. aegypti* ditemukan paling tinggi adalah di daerah tropis (Ding et al., 2018; Kraemer et al., 2015), tidak terkecuali di Indonesia. Di Indonesia, *Ae. aegypti* terutama berperan dalam menularkan penyakit demam berdarah dengue (DBD). Hingga saat ini, penyakit DBD masih menjadi masalah untuk kesehatan masyarakat Indonesia karena jumlah penderitanya yang cukup tinggi dari tahun ke tahun. Pada tahun 2018, kasus DBD yang terjadi di Indonesia berjumlah 65.602 dengan tingkat kejadian per 100.000 penduduk sebanyak 24,75 dan jumlah kasus meninggal sebanyak 467 (Kemenkes RI, 2019). Di Jawa Timur sendiri, jumlah kasus DBD selama tahun 2018 adalah 8.449 dengan jumlah kasus meninggal sebanyak 84 dan *case fatality rate* (CFR) sebesar 0,99% yang mendekati kategori tinggi (CFR > 1%) (Kemenkes RI, 2019). Surabaya adalah salah satu kota di Indonesia yang merupakan endemik DBD dan memiliki CFR yang berfluktuasi antara tahun 2009-2017 (Tang et al., 2020).

Salah satu upaya untuk menekan penularan virus dengue adalah dengan mengendalikan populasi vektor pembawa virus. Berbagai usaha untuk mengendalikan populasi *Ae. aegypti* yang telah dilakukan di Indonesia, misalnya 3 M plus (*draining, covering, burying or recycling*), penggunaan penolak nyamuk berbasis bahan kimia aromatik, memelihara ikan predator larva

nyamuk, dan yang paling populer adalah dengan penambahan larvasida pada lokasi-lokasi yang menjadi preferensi *Ae. aegypti* untuk meletakkan telurnya (Haryanto, 2018). Hingga pada tahun 2018, Angka Bebas Jentik (ABJ) yang digunakan sebagai indikator pengendalian larva nyamuk di Indonesia masih belum mencapai target ($\geq 95\%$), akan tetapi justru mengalami penurunan pada jangka waktu tahun 2016 (68,6%) hingga 2018 (31,5%) (Kemenkes RI, 2019).

Larvasida yang selama ini banyak digunakan untuk pengendalian populasi jentik nyamuk di Indonesia adalah larvasida sintetik komersial dari jenis *organophosphatetemephos*. *World Health Organization* (WHO) menyarankan dosis penggunaan *temephos* pada 0,012 mg/L, akan tetapi dosis operasional *temephos* yang digunakan di Indonesia jauh lebih tinggi, yaitu 1 mg/L (Haryanto, 2018; Mulyatno et al., 2012). Di Jawa Timur, *temephos* komersial ditemukan beredar dengan perbedaan pada saran konsentrasi penggunaan, yaitu 10 gram/10 liter air (10G) dan 8 gram/100 liter air (8G).

Akibat penggunaannya yang terus menerus dan ekstensif di Indonesia, kerentanan larva *Ae. aegypti* terhadap *temephos* komersial sebaiknya diperiksa secara rutin sebagai bentuk pengawasan untuk memastikan dosis yang digunakan tetap efektif. Penelitian ini dilakukan untuk memeriksa kerentanan populasi larva *Ae. aegypti* yang berasal dari daerah berbeda (endemik dan non-endemik DBD) di Jawa Timur terhadap *temephos* yang beredar secara komersial dengan perbedaan pada dosis yang disarankan.

MATERI DAN METODE

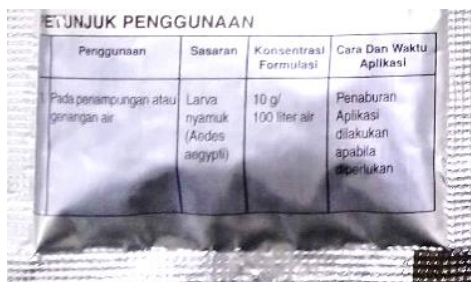
Koleksi Sampel Larva

Sampel *Aedes aegypti* yang digunakan berasal dari tiga populasi berbeda. Sampel dari daerah tidak rentan DBD diambil dari kelurahan Patrang, Kecamatan Patrang, Kota Jember (JEM), sedangkan sampel dari daerah rentan DBD diambil dari Kelurahan Sawahan, Surabaya (SBY). Sampel ketiga adalah koleksi Laboratorium Entomologi, Lembaga Penyakit Tropis, Universitas Airlangga (LAB) sebagai populasi pembanding. Larva *Ae. aegypti* dikoleksi dari daerah sampling dibawa ke laboratorium Entomologi, Lembaga Penyakit Tropis Universitas Airlangga untuk dipelihara sampai dewasa sebagai generasi pertama (F₁). *Ae. aegypti* dewasa dibiakkan hingga menghasilkan

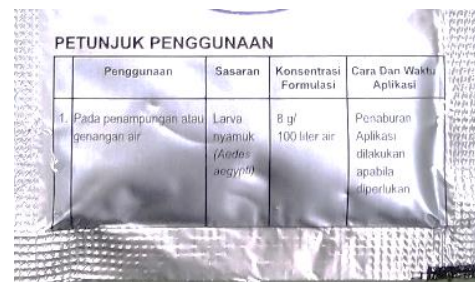
generasi keturunan. Waktu yang dibutuhkan larva menjadi dewasa hingga generasi pertama selama seminggu, dalam kondisi terkontrol (kelembaban ruangan 75%, temperatur air 28°C-30°C, temperatur ruangan 28°C).

Larvasida Organophosphat *Temephos*

Larvasida yang digunakan adalah *organophosphatetemephos* yang beredar secara komersil di Indonesia dengan merk Abate 1G® (*Baden Aniline and Soda Manufacturing, Ludwigshafen, Germany*) mengandung 1% *temephos*. Dua jenis *temephos* komersial didapatkan dengan perbedaan pada saran dosis penggunaan, yaitu 10 gram/100 liter air (10G) dan 8 gram/100 liter air (8G) (Gambar 1).



(a)



(b)

Gambar 1. Perbedaan petunjuk penggunaan pada kemasan (a) *temephos* 10g/100 Lair (10G) dan (b) *temephos* 8 gram/100 L air (10G).

Uji Mortalitas Larva

Larva instar III *Ae. aegypti* dari masing-masing strain dilakukan *rearing* dalam kondisi laboratorium yang terkontrol (kelembaban ruangan 75%, temperatur air 28°C-30°C, temperatur ruangan 28°C) dalam wadah plastik berisi air PDAM yang telah diendapkan sebelumnya selama semalam. Larva *Ae. Aegypti* JEM yang digunakan dalam penelitian adalah F3, larva SBY dari generasi F2, dan larva LAB merupakan generasi F₃₁₃. Larva kemudian dibagi menjadi 15 kelompok berdasarkan perlakuan (kontrol, *temephos* 10 G dosis 1 mg/L; 0,5 mg/L; 0,25 mg/L; 0,125 mg/L; 0,0625 mg/L, 0,03125 mg/L; 0,015625 mg/L, dan *temephos* 8G dosis 1 mg/L; 0,5 mg/L; 0,25 mg/L; 0,125 mg/L; 0,0625 mg/L, 0,03125 mg/L; 0,015625 mg/L). Sebanyak

20 ekor larva diletakkan dalam setiap wadah plastik berisi air dan ditambahkan konsentrasi *temephos* sesuai perlakuan. Replikasi sebanyak 4 kali dilakukan untuk setiap perlakuan. Larva dipapar *temephos* selama 24 jam sesuai dengan ketentuan uji dari WHO (World Health Organization, 2016). Mortalitas larva pada masing-masing perlakuan dicatat dan dihitung persentasenya berdasarkan rumus berikut:

$$M = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

M = presentase mortalitas larva *Ae. aegypti*

a = jumlah larva *Ae. aegypti* yang mati

b = jumlah larva *Ae. aegypti* yang digunakan dalam perlakuan

Analisis data

Data mortalitas larva *Ae. aegypti* dianalisis secara statistik menggunakan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, kemudian uji ANOVA satu arah yang dilanjutkan dengan uji post-hoc Duncan (p=0,05). Data LC₉₅ ditentukan menggunakan regresi linear dari data mortalitas. Rasio resistensi (RR₉₅) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RR_{95} = \frac{LC_{95} \text{ populasi sampel}}{LC_{95} \text{ populasi pembanding}}$$

Keterangan:

RR₉₅ = rasio resistensi *Ae. aegypti* pada konsentrasi letal 95

LC₉₅ = konsentrasi letal 95

Tingkat resistensi ditentukan berdasarkan kategori dari penelitian sebelumnya (Mazzarri & Georghiou, 1995). Larva *Ae. aegypti* diindikasikan memiliki resistensi rendah jika nilai

RR₉₅ < 5, resistensi sedang jika RR₉₅ antara 5-10, dan resistensi tinggi jika RR₉₅ > 10.

HASIL

Berdasarkan uji mortalitas dua jenis dosis *temephos* yang beredar secara komersial, larva *Ae. aegypti* yang dikoleksi dari berbagai lokasi di Jawa Timur ditemukan masih rentan terhadap *temephos* komersial. Sebagian besar dari mortalitas pada semua kelompok perlakuan *Ae. aegypti* terjadi pada ambang batas menit ke-240 dan pada waktu 24 jam semua larva pada kelompok perlakuan *temephos* telah mengalami mortalitas. Data mortalitas pada titik waktu 240 menit kemudian dianalisis untuk menentukan LC₉₀ pada ambang batas waktu ini (Tabel 1). Pada dosis terendah yang digunakan dalam penelitian ini (0,015625 mg/L), rata-rata >90% larva dari semua populasi mengalami kematian, baik pada *temephos* 10 G maupun 8 G.

Tabel 1. Presentase mortalitas larva *Ae. aegypti* dari berbagai daerah di Jawa Timur dengan ambang waktu 240 menit, pada berbagai dosis *temephos* komersial

Jenis <i>temephos</i>	Dosis (mg/L)	Rata-rata mortalitas populasi larva (%) pada 240 menit*		
		JEM	SBY	LAB
10 G	0	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a
	1	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,5	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,25	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,125	97,50±5,00 ^{bc}	97,50±4,33 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,0625	96,25±2,50 ^{bc}	96,25±6,50 ^b	95,00±7,07 ^b
	0,03125	95,00±4,08 ^c	96,25±6,50 ^b	96,25±4,79 ^b
	0,015625	95,00±4,08 ^c	95,00±8,66 ^b	96,25±4,79 ^b
8 G	0	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a	0,00±0,00 ^a
	1	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,5	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,25	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,125	97,50±4,33 ^b	100,00±0,00 ^b	100,00±0,00 ^b
	0,0625	97,50±2,50 ^b	98,75±2,50 ^b	97,50±2,89 ^{bc}
	0,03125	95,00±6,12 ^{bc}	93,75±9,46 ^b	96,25±4,79 ^{bc}
	0,015625	91,25±5,45 ^c	93,75±12,50 ^b	95,00±4,08 ^c

Keterangan: *) notasi berbeda menandakan hasil signifikan dari uji Duncan (p=0,05)

Berdasarkan uji statistik, terdapat perbedaan signifikan antara kontrol yang tidak diberikan *temephos* dengan semua kelompok perlakuan yang diberikan *temephos*, baik 10 G maupun 8 G. Perbedaan mortalitas larva yang signifikan antara dosis tertinggi (1 mg/L) dengan dosis terendah (0,015625 mg/L) ditemukan pada kelompok JEM, baik pada *temephos* 10 G maupun 8 G, serta pada kelompok LAB pada dosis 8 G. Sedangkan kelompok SBY tidak menunjukkan perbedaan respon mortalitas yang signifikan antara dosis tertinggi (1 mg/L) hingga dosis terendah (0,015625 mg/L), baik pada penggunaan *temephos* 10 G maupun 8 G. Data mortalitas kemudian digunakan untuk menentukan LC₉₅ (Tabel 2).

Tabel 2. *Lethal concentration*₉₅ (LC₉₅) *temephos* komersial pada larva *Ae. aegypti* dari berbagai daerah di Jawa Timur dengan ambang waktu 240 menit,

Populasi	LC ₉₅ (mg/L)	
	<i>Temephos</i> 10 G	<i>Temephos</i> 8 G
JEM	2,05 x 10 ⁻²	3,92 x 10 ⁻²
SBY	1,50 x 10 ⁻²	2,05 x 10 ⁻²
LAB	1,97 x 10 ⁻²	9,04 x 10 ⁻³

Berdasarkan nilai LC₉₅ untuk masing-masing dosis *temephos*. RR₉₅ ditentukan untuk populasi SBY dan JEM dengan populasi LAB sebagai populasi pembanding (Tabel 3). Rasio resistensi *temephos* untuk kedua populasi masih berada di bawah batas resistensi rendah (RR₉₅ < 5).

Tabel 3. Rasio resistensi 95 (RR₉₅) *temephos* komersial pada populasi larva *Ae. aegypti* dari Jawa Timur

Populasi	RR ₉₅	
	<i>Temephos</i> 10 G	<i>Temephos</i> 8 G
JEM	1,04	4,34
SBY	0,76	2,26

PEMBAHASAN

Indonesia sebagai negara tropis yang merupakan endemik penyakit dengue telah lama menghadapi penyakit ini sebagai beban kesehatan masyarakat. Selama ini, cara utama yang dilakukan untuk menekan penularan penyakit ini

adalah dengan mengendalikan populasi vektor dengue di Indonesia, terutama *Ae. aegypti*. Salah satu metode yang dilakukan adalah dengan menambahkan larvasida pada genangan air yang menjadi lokasi preferensi bertelur *Ae. aegypti*.

Temephos telah lama digunakan sebagai larvasida untuk mengendalikan populasi *Ae. aegypti* di Indonesia. WHO menyarankan penggunaan *temephos* pada dosis 0,012 mg/L, tetapi dosis operasional *temephos* yang digunakan di Indonesia adalah 1 mg/L (Haryanto, 2018; Mulyatno et al., 2012). Penaburan *temephos* mempunyai efek residu 3 bulan dengan pola pemakaian air secara normal. *Temephos* mempunyai tingkat toksisitas moderat akut apabila paparan melalui jalur dermal atau oral, dan toksisitas rendah apabila paparan melalui jalur inhalasi (USA - EPA, 2009).

Pada penelitian ini, larva dari ketiga populasi ditemukan masih rentan terhadap *temephos* pada dosis yang rendah (0,015625 mg/L), sebesar 1/64 dari dosis operasional *temephos* yang disarankan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada ambang waktu 240 menit. Perbedaan respon mortalitas signifikan antara dosis tertinggi (1 mg/L) dengan dosis terendah (0,015625 mg/L) ditemukan pada kelompok JEM, baik pada *temephos* 10 G maupun 8 G, serta pada kelompok LAB pada dosis 8 G. Sedangkan kelompok SBY tidak menunjukkan perbedaan respon mortalitas pada dosis atau jenis *temephos* yang berbeda. Konsentrasi letal 95 (LC₉₅) untuk ketiga kelompok larva ditemukan pada di dosis yang rendah. Sementara itu, rasio resistensi (RR₉₅) dari populasi SBY dan JEM juga masih berada di tingkatan yang rendah (<5) dibandingkan dengan populasi LAB sebagai pembanding, baik pada *temephos* 10 G maupun 8 G.

Adanya perbedaan respon mortalitas antara satu kelompok dengan kelompok lain menunjukkan perubahan resistensi *temephos* dalam populasi larva. Meskipun demikian, semua kelompok yang diuji dalam penelitian ini masih mengalami mortalitas di atas 90% pada dosis 0,015625 mg/L dan memiliki rasio resistensi yang

rendah, menunjukkan kerentanan pada *temephos*. Hal ini berbeda dengan populasi larva *Ae. aegypti* dari Tegal yang menunjukkan respons mortalitas sebesar 90% pada dosis yang lebih tinggi (0,025 ppm), mengindikasikan potensi resistensi pada larva dari Tegal (Kresnadi et al., 2021).

Penggunaan *temephos* pada dosis yang terlalu tinggi dan secara terus menerus kemungkinan dapat menginduksi resistensi *organophosphatetemephos*, sebagaimana yang mulai diindikasikan pada beberapa populasi *Ae. aegypti* dari beberapa daerah di Indonesia, antara lain Demak, Klaten, Banjarnegara (Ikawati et al., 2017), Padang (Hasmiwati et al., 2018), dan Surabaya (Mulyatno et al., 2012). Larva *Ae. aegypti* mampu melakukan detoksifikasi larvasida yang masuk ke tubuhnya oleh karena peranan enzim detoksifikasi *glutathione S transferase* (GST), esterase, dan *monooxygenase*. Pada strain larva *Ae. aegypti* yang mengalami resistensi *organophosphatetemephos*, ekspresi GST dan esterase ditemukan meningkat dibandingkan strain yang masih rentan (Melo-Santos et al., 2010; Paeporn et al., 2003). Larva *Ae. aegypti* yang memiliki resistensi terhadap insektisida *pyrethroid* di beberapa daerah di Indonesia memiliki level enzim oksidase dan esterase yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan strain yang rentan (Ahmad et al., 2007). Peningkatan enzim esterase juga ditemukan pada sampel *Ae. aegypti* resisten moderat terhadap larvasida *organophosphatemalathion* dan *cypermethrin* dari daerah Yogyakarta (Mulyaningsih et al., 2018). Peningkatan ekspresi enzim-enzim detoksifikasi menyebabkan larva *Ae. aegypti* menjadi lebih toleran terhadap keberadaan larvasida.

Untuk mencegah kemunculan strain *Ae. aegypti* resisten lebih lanjut, dosis larvasida *temephos* yang digunakan secara luas sebaiknya ditinjau ulang. Sebagaimana diindikasikan pada penelitian ini, populasi *Ae. aegypti* dari Jawa Timur masih rentan mengalami mortalitas akibat larvasida *temephos* pada dosis yang rendah.

Pengujian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan konsentrasi *temephos* yang lebih rendah dari dosis operasional tetapi masih efektif untuk mengendalikan vektor *Ae. aegypti*.

SIMPULAN

Larva *Aedes aegypti* yang berasal dari berbagai daerah di Jawa Timur, masih memiliki kerentanan pada dosis rendah *temephos* komersial yang beredar, baik dosis 8 G maupun 10 G. Larva *Ae. aegypti* mengalami >90% mortalitas pada dosis rendah (0,015625 mg/L). Kerentanan larva pada dosis rendah *temephos* komersial dapat digunakan sebagai dasar untuk menurunkan dosis operasional penggunaan *temephos* komersial untuk larvasida *Ae. aegypti* di Jawa Timur. Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan untuk melihat apakah larva *Ae. aegypti* di daerah lain juga memiliki kerentanan serupa terhadap *temephos* komersial dan menentukan dosis operasional *temephos* yang lebih tepat untuk menekan munculnya strain *Ae. aegypti* yang resisten terhadap *temephos*.

KEPUSTAKAAN

- Ahmad I, Astari S, Tan M. 2007. Resistance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in 2006 to pyrethroid insecticides in Indonesia and its association with oxidase and esterase levels. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **10(20)**: 3688–3692. DOI: 10.3923/pjbs.2007.3688.3692
- Ding F, Fu J, Jiang D, Hao M, Lin G. 2018. Mapping the spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Acta Tropica* **178(1)**: 155–162. DOI: 10.1016/j.actatropica.2017.11.020
- Haryanto B. 2018. Indonesia Dengue Fever: Status, Vulnerability, and Challenges. *Current Topics in Tropical Emerging Diseases and Travel Medicine*. IntechOpen, 12. DOI: 10.5772/intechopen.82290
- Hasmiwati, Rusjdi SR, Nofita E. 2018. Detection of ace-1 gene with insecticides resistance in *aedes aegypti* populations from DHF-endemic areas in Padang, Indonesia.

- Biodiversitas* **19(1)**: 31–36. DOI: 10.13057/biodiv/d190105
- Ikawati B, Sunaryo, Wahyudi BF. 2017. *Aedes aegypti* resistance to temephos in Central Java, Indonesia. *Advanced Science Letters* **23(4)**: 3544–3546. DOI: 10.1166/asl.2017.9163
- Kemendes RI. 2019. *Profil Kesehatan Indonesia 2018 [Indonesia Health Profile 2018]*.
- Kraemer MUG, Sinka ME, Duda KA, Mylne AQN, Shearer FM, Barker CM, Moore CG, Carvalho RG, Coelho GE, Van Bortel W, Hendrickx G, Schaffner F, Elyazar IR, Teng HJ, Brady OJ, Messina JP, Pigott DM, Scott TW, Smith DL, William Wint GR, Golding N, Hay SI. 2015. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. *eLife* **4**: e08347. DOI: 10.7554/eLife.08347
- Kresnadi I, Amin BF, Ariq H, Akbar VA, Winita R, Ridhawati S, Lisawati S, Firmansyah NE, Wibowo H. 2021. The Susceptibility of *Aedes aegypti* in Dengue Endemic Areas, Tegal, Central Java Indonesia. *Balaba: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara* **17(1)**: 11–18
- Mazzarri MB, Georghiou GP. 1995. Characterization of resistance to organophosphate, carbamate, and pyrethroid insecticides in field populations of *Aedes aegypti* from Venezuela. *Journal of the American Mosquito Control Association* **11(3)**: 315–322
- Melo-Santos MAV, Varjal-Melo JJM, Araújo AP, Gomes TCS, Paiva MHS, Regis LN, Furtado AF, Magalhaes T, Macoris MLG, Andrighetti MTM, Ayres CFJ. 2010. Resistance to the organophosphate temephos: Mechanisms, evolution and reversion in an *Aedes aegypti* laboratory strain from Brazil. *Acta Tropica* **113(2)**: 180–189. DOI: 10.1016/j.actatropica.2009.10.015
- Mulyaningsih B, Umniyati SR, Satoto TBT, Diptyanusa A, Nugrahaningsih DAA, Selian Y. 2018. Insecticide resistance and mechanisms of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Yogyakarta. *Journal of the Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)* **50(01)**: 24–32. DOI: 10.19106/jmedsci005001201803
- Mulyatno KC, Yamanaka A, Ngadino, Konishi E. 2012. Resistance of *Aedes aegypti* (L.) larvae to temephos in Surabaya, Indonesia. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* **43(1)**: 29–33
- Paeporn P, Komalamisra N, Deesin V, Rongsriyam Y, Eshita Y, Thongrungrat S. 2003. Temephos resistance in two forms of *Aedes aegypti* and its significance for the resistance mechanism. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* **34(4)**: 786–792
- Tang SCN, Rusli M, Lestari P. 2020. Climate Variability and Dengue Hemorrhagic Fever in Surabaya, East Java, Indonesia. *Indian Journal of Public Health Research & Development* **11(2)**: 131. DOI: 10.37506/v11/i2/2020/ijphrd/194770
- USA - EPA. 2000. *Temephos: Revised HED Chapter for the Registration Eligibility Decision (RED) Document*.
- World Health Organization (WHO). 2016. *Monitoring and Managing Insecticide Resistance in Aedes mosquito Populations*.